RADIO UND FERNSEHEN

ZEITSCHRIFT FÜR RADIO, FERNSEHEN, ELEKTROAKUSTIK UND ELEKTRONIK

6. JAHRG. **14** JULI 1957



VERLAG DIE WIRTSCHAFT BERLIN NO 18

AUS DEM INHALT

Unpolitisch? 425

Dr.-Ing. Peter Neidhardt
Entwicklungstendenzen der Farbfernseh-Empfängertechnik 426

Inge Bornemann
Neue Entwicklungstendenzen bei Farbfernseh-Bildröhren 433

Nachrichten und Kurzberichte 436

Die Raytheon-Richtfunkstrecken KTR-100 und KTR-1000 437

Dr. Udo Kühn
Ein Beitrag zur Kenntnis der Ausbreitungsbedingungen in den Bändern I, II, III und IV 439

Unser Erfahrungsaustausch 443

Hans Sutaner
Die Schaltungstechnik moderner Reiseempfänger 445

Ing. Ernst Schreiber
Die Ausgleichsvorgänge in der Musik und deren synthetische Nachbildung bei elektronischen Musikinstrumenten, Teil 2 448

Dr. G. Bartels
Wissenschaftliche Untersuchungen mit radioaktiven Isotopen 452

Literaturkritik und Bibliographie 455

Werner Goedecke
Abkürzungen deutscher, französischer, englischer und amerikanischer allgemeiner und technischer Begriffe auf dem Gebiete der Nachrichtentechnik 3. Umschlagseite

Titelbild:

Die Fernsehtechnik erweist sich immer mehr als wichtiges Unterrichtsmittel der medizinischen Ausbildung. Durch Fernsehen übertragene Operationen können – im Vergleich zu früher – von einer Vielzahl von Studenten verfolgt werden. Die Benutzung von Farbfernsehen für diese Zwecke ist freilich noch nicht über das Versuchsstadium hinausgekommen. Unser Bild zeigt eine derartige Versuchsaufnahme in einem Londoner Hospital. Über die Entwicklungstendenzen des Farbfernsehens berichten wir auf den Seiten 426 bis 435. Foto: Zentralbild

Verlag DIE WIRTSCHAFT
Berlin NO 18, Am Friedrichshain 22
Telefon 530871, Fernschreiber 1448
Verlagsdirektor: Walter Franze
Radio und Fernsehen
Chefredakteur: Peter Schäffer
Fachredaktion: Ing. Giselher Kuckelt
Lizenznummer: 41 02
Anzeigenannahme: Verlag DIE WIRTSCHAFT und alle Filialen der DEWAG, z. Z. gültige Preisliste Nr. 1
Druck: Tribüne Druckerei III, Leipzig III/18/36

Erscheint zweimal im Monat, Einzelheft 2,– DM



Ich bitte um freundliche Mitteilung, ob der Deutschlandsender die im Heft 24 (1955) genannten Normalfrequenzen schon sendet bzw. an welchen Tagen und um welche Zeit.
E. S., Louny, ČSR

Die Normalfrequenzen des Deutschen Amtes für Maß und Gewicht werden vom Deutschlandsender an jedem Werktag auf der Frequenz 185 kHz entsprechend 1621,6 m ausgesendet:

10^{10} bis 10^{22} : 1000 Hz
10^{22} bis 10^{30} : 440 Hz

*

Bitte teilen Sie mir mit, wo in der DDR die Hochspannungsgleichrichterröhre G 7,5/0,6 d hergestellt wird bzw. ob ähnliche Typen in der DDR gebaut werden.
P. N., Manebach/Thür.

Die G 7,5/0,6 d gehört zum Produktionsprogramm des VEB Werk für Fernmeldewesen, Berlin-Oberschöneweide.

*

Ich möchte die sowjetische Röhre 6 Ж 7 verwenden, kann sie jedoch in keiner Röhrentabelle finden. Bitte teilen Sie mir die Daten mit.
F. P., Finkenkrug

Nach Angaben des Röhrentaschenbuches, Teil II (Fachbuchverlag Leipzig) ist die 6 Ж 7 mit der 6 J 7 identisch. Die technischen Daten stimmen ungefähr mit denen der 6 SJ 7 überein.

*

Es ist ein Wunder geschehen. Aus einer Lieferung von acht Stück habe auch ich ein Gerät von der HO Rochlitz erhalten, und das, nachdem ich den „Beethoven" zehn Monate besitze. Ich habe ihn (den Aufspielverstärker AV 8, d. Red.) sofort eingebaut und bin vorerst sehr zufrieden damit.
H. Sch., Magdeburg

Na also! Die Redaktion

*

.... Nun bitte ich Sie noch, mir die Anschriften derjenigen mitzuteilen, welche die im Heft 4 (1957), S. 104 bis 106, abgebildeten Empfänger gebaut haben.
H. S., Leutersdorf

Wir geben prinzipiell keine Anschriften bekannt, um unseren Autoren die Entscheidung selbst zu überlassen ob sie mit jemandem in Briefwechsel zu treten wünschen Bitte übersenden Sie uns einen Brief an den von Ihnen gewünschten Autor. Die Vermittlung dieses Briefes wollen wir gern übernehmen; dem Autor ist es freigestellt, Ihnen zu antworten. Die Redaktion

Hurra, Hurra! Der neue Taschenschalter zur Fernbedienung für Rundfunkempfänger ist da! Nur den Apparat an Punkt 4 des Schalters anschließen und schon können Sie sich in die gemütliche Ecke zurückziehen und trotzdem Ihr Radiogerät nach Wunsch einstellen. Lieferbar laut „Radio und Fernsehen" Nr. 6 (1957), Seite 172, 3. Spalte, 4. Zeile von oben!

Schön wär's, wenn der Druckfehlerteufel nicht im Spiel gewesen wäre. Leider soll das wohl Tastenschalter heißen!
K.-H. P., Greppin

Dem ist nicht viel entgegenzuhalten. Der Mann hat recht! Die Redaktion

*

Wir erhalten laufend Anfragen aus unserem Leserkreis nach den Vorschriften für den Bau von UKW- und Fernsehantennen (baupolizeiliche Vorschriften, Fragen der Erdung und des Blitzschutzes usw.). Um über dieses Thema weitgehende Klarheit zu schaffen, haben wir einen unserer Mitarbeiter gebeten, das ganze Sachgebiet einmal zusammenhängend zu behandeln. Mit dem Eingang dieses Artikels rechnen wir im 3. Quartal dieses Jahres, und wir werden ihn dann schnellstens veröffentlichen. Die Redaktion

*

Im Heft 3 Ihrer Zeitschrift RADIO UND FERNSEHEN brachten Sie eine Zusammenstellung von Prüf- und Meßschallplatten des VEB Deutsche Schallplatten.

Ich habe die Meßschallplatte LB 12/LB 14 vorliegen und muß folgenden Mangel feststellen: Im allgemeinen wird bei Meßschallplatten — soweit sie mir bekannt sind — die jeweilige Frequenz vorher angesagt. Diese Ansage fehlt hier ganz. Da Meßschallplatten oft nicht nur zur Prüfung von Plattenspielern, sondern auch an Stelle eines oft nicht vorhandenen teuren Tongenerators zur Prüfung von Verstärkern herangezogen werden, ist dies als besonderer Nachteil zu werten.

Wäre es Ihnen möglich, als Ergänzung Ihrer Aufstellung im Heft 3 in nächster Zeit eine Tabelle zu bringen, die bei Meßschallplatten mit ständig wechselnden Frequenzen die laufende Frequenzfolge erkennen läßt?
C. S., Berlin NO 18

Die Meßschallplatte LB 12 enthält von außen nach innen:
30 s: 1 kHz;
je 10 s: 9 – 7 – 5 – 3 – 1,5 kHz – 800 – 600 – 300 – 160 – 70 – 55 – 35 Hz.
Auf der Meßschallplatte LB 14 (Rückseite von LB 12) befinden sich folgende Frequenzen:
30 s: 1 kHz;
je 10 s: 19 – 17 – 15 – 13 – 11 kHz;
etwa $1\frac{1}{2}$ min: 15 kHz.

Bestellungen nehmen entgegen

für die Deutsche Demokratische Republik: Sämtliche Postämter, der örtliche Buchhandel und der Verlag
für die Deutsche Bundesrepublik: Sämtliche Postämter, der örtliche Buchhandel und der Verlag. Auslieferung über HELIOS Literatur-Vertriebs-GmbH, Berlin-Borsigwalde, Eichborndamm 141–167

Für das Ausland:
Volksrepublik Albanien: Ndermarrja Shtetnore Botimeve, Tirana
Volksrepublik Bulgarien: Petschatni proizvedenia, Sofia, Léguè 6
Volksrepublik China: Guozi Shudian, Peking, P. O. B. 50 und Hsin Hua Bookstore, Peking, P. O. B. 329
Volksrepublik Polen: P. P. K. Ruch, Warszawa, Wilcza 46
Rumänische Volksrepublik: C. L. D. C. Baza Carte, Bukarest, Cal Mosilor 62–68
Tchechoslowakische Volksrepublik: Orbis Zeitungsvertrieb, Praha XII, Stalinova 46 und Bratislava, Postovy urad 2
UdSSR: Die städtischen Abteilungen »Sojuspechatj«, Postämter und Bezirkspoststellen
Ungarische Volksrepublik: Allami könyvterjesztö vallalat, Budapest, Deak Ferenc-U. 15
Für alle anderen Länder: Verlag DIE WIRTSCHAFT, Berlin NO 18, Am Friedrichshain 22

RADIO UND FERNSEHEN

2. JULIHEFT
6. JAHRGANG
14
1957

ZEITSCHRIFT FÜR RADIO · FERNSEHEN · ELEKTROAKUSTIK · ELEKTRONIK





UNPOLITISCH ?

Vor uns liegt eine zufällig herausgegriffene Nummer der business edition, also des Handelsteils, der bekannten amerikanischen Zeitschrift „electronics", nämlich vom 20. April dieses Jahres. Eine Analyse ergab, daß auf 37,5% der Seiten dieser Zeitschrift vom Krieg die Rede ist: entweder in der Form von Inseraten mit glitzernden Armeeflugzeugen, ferngelenkten Raketen usw. oder des in dieser Zeitschrift ständig erscheinenden Beitrags „military electronics" oder in der Form aller möglichen Berichte über Geräte, Persönlichkeiten, Geschäftsaussichten, Annoncen usw. In der Nummer vom 20. Mai dieses Jahres, aus der unser Bild stammt, sind es sogar 45%! Auf fast der Häfte der Seiten dieser Zeitschrift wird von Waffen, von Rüstung, vom Kriege gesprochen, und zwar in der „harmlosen" Form von technisch interessanten Berichten, Geschäftsinformationen und Anzeigen. Das ist eine der unmerklichsten und darum gefährlichsten und heimtückischsten Formen der Kriegsvorbereitung: Dem Krieg dienende Geräte und Vorrichtungen werden ein Teil der normalen Lektüre, sozusagen ein Teil des täglichen Umgangs. So werden die Leser an den Krieg akklimatisiert; im Augenblick höchster, unmittelbarer Kriegsgefahr, wenn alles darauf ankäme, den Frieden unter Aufbietung aller Energie zu verteidigen, ist der moralische Widerstand des Lesers bereits paralysiert.

In dieser Nummer erfahren wir übrigens auch, warum das so ist, nämlich welches Interesse die amerikanische Hochfrequenzindustrie (einschließlich Elektronik) am Rüstungsgeschäft hat: Der Wert der von der Industrie geplanten Produktion für das Jahr 1957 beläuft sich auf etwas über 8,5 Milliarden Dollar. **Davon sind 4,2 Milliarden Dollar, also fast die Hälfte, für militärische Zwecke bestimmt!** (Electronics, business edition, 20. Mai 1957, Seite 12). Diese Zahl ist außerordentlich aufschlußreich. Leute, deren Geschäft zu 50% von Rüstungsaufträgen abhängt, werden kaum für internationale Entspannung eintreten, besonders wenn sie sich sagen müssen (und auch das läßt diese sehr interessante Zeitschrift in einer anderen Nummer durchblicken), daß der zivile Sektor des amerikanischen Marktes kaum noch ausweitungsfähig ist. Kurz: Die vielgepriesene amerikanische Wirtschaftskonjunktur ist im Sektor der Hochfrequenz- und elektronischen Industrie bereits heute zu fast 50% Rüstungskonjunktur. Das ist das amerikanische „Wirtschaftswunder"; es erinnert verteufelt an Hitlers „Wirtschaftswunder"!

RADIO UND FERNSEHEN ist eine Fachzeitschrift. Ihre erste und vornehmste Aufgabe ist es, ihre Leser über die Entwicklung der Technik durch Berichte, technische Artikel, Nachrichten usw. zu informieren. Aber genauso wenig wie die westdeutschen und die amerikanischen Zeitschriften ist RADIO UND FERNSEHEN unpolitisch. Fragen der Planung, Fragen der Typisierung, Fragen der Technologie, Fragen der Betriebsorganisation beeinflussen den technischen Fortschritt mittelbar und manchmal sehr unmittelbar, wenn der Entwickler sehr lange auf sein Funktionsmuster warten muß, wenn neue Geräte nicht schnell genug hergestellt werden können usw. Was nützen gute Artikel über Transistorentechnik, wenn die Transistorenproduktion noch völlig ungenügend ist? Offensichtlich ist unsere Aufgabe nicht damit beendet, Artikel über Transistorentechnik zu bringen. Was nützen die ausführlichsten Beschreibungen unserer neuen, wirklich modernen Rundfunkgeräte, wenn das Handwerk immer noch zu lange auf bestimmte Bauelemente warten muß und darum Reparaturen nicht immer zügig durchführen kann? Offensichtlich ist unsere Aufgabe nicht damit beendet, Beschreibungen unserer Rundfunkgeräte herauszugeben. Was nützen die besten Bastelhinweise, wenn der Bastler keine Teile bekommt? Offensichtlich genügt es nicht, einfach Bastelhinweise zu geben. **Offensichtlich läßt sich die Technik nicht von der Ökonomie trennen.** Offensichtlich gehört die Wirtschaftspolitik des Industriezweiges ebenfalls zur Aufgabenstellung einer Fachzeitschrift. Das ist in Westdeutschland keineswegs anders als bei uns. Auch die „Funktechnik" und die „Funkschau" beschäftigen sich intensiv mit ihrer Wirtschaftspolitik.

Dabei gibt es allerdings einen prinzipiellen Unterschied. In der kapitalistischen Wirtschaft ist es nicht möglich und auch nicht notwendig, mehr zu tun, als auf bestimmte Probleme hinzuweisen, wobei diese Probleme in der Mehrzahl der Fälle Absatzprobleme sind, die in den verschiedensten Formen behandelt werden. Unsere Probleme sind im allgemeinen Fragen der Planung und der Produktion. Im Gegensatz zu den Problemen der kapitalistischen Wirtschaft aber sind unsere Probleme nur demokratisch zu lösen, das heißt durch die bewußte Mitarbeit aller — wohlinformierten — Beteiligten, letzthin durch die bewußte Mitarbeit aller Werktätigen. Unseren Lesern die demokratische Mitarbeit an der Lösung dieser Probleme durch Information, durch Anregungen usw. zu ermöglichen und sie dazu aufzufordern, ist die wirtschaftspolitische und damit die politische Aufgabe unserer Zeitschrift. Dazu gehört auch z. B. die Information über den Mißbrauch unserer Technik für militärische Zwecke um des kapitalistischen Profits willen.

P. S

Obwohl bis zur vollständigen Versorgung der DDR mit Schwarz-Weiß-Fernsehen noch einige Zeit vergehen wird — sowohl was die Anzahl der Sender anbetrifft als auch in bezug auf die Produktionsziffern der Fernsehempfängerindustrie —, soll man an die Zukunft denken. Es besteht natürlich kein Grund, den Kauf eines Schwarz-Weiß-Empfängers aufzuschieben, so schnell wird das Farbfernsehen nicht kommen; Schwarz-Weiß bleibt vorläufig die Hauptaufgabe. Der Techniker jedoch tut gut daran, sich allmählich mit diesem neuen Gebiet zu befassen. Die beiden folgenden Artikel sollen ihm dabei helfen.

Dr.-Ing. PETER NEIDHARDT

Entwicklungstendenzen der Farbfernseh-Empfängertechnik

Die Einführung des Farbfernsehens ist allgemein von der Möglichkeit abhängig, billige Farbfernseh-Empfänger guter Wiedergabequalität in ausreichender Menge zur Verfügung stellen zu können. Der technische Stand der Entwicklung der Farbfernsehtechnik ist derzeit so, daß sich die Laboratorien der Entwicklungsstellen intensiv mit dem Problem der Schaffung billiger und guter Farbfernseh-Bildröhren und ebensolcher Empfänger beschäftigen. Über die Entwicklungstendenzen bei den Farbfernseh-Bildröhren wird im gleichen Heft von anderer Stelle berichtet[1]). Der nachfolgende Beitrag soll allgemein über Farbfernseh-Empfängerschaltungen und speziell über die Schaltungstechnik, die zu den im zitierten anderen Beitrag erwähnten Farbbildröhren gehört, Stellung nehmen.

Grundsätzlich unterscheidet sich der Farbfernseh-Empfänger von dem üblichen Schwarz-Weiß-Empfänger hauptsächlich durch diejenigen Schaltungsstufen, die auf die Gleichrichterstufe hinter der Zwischenfrequenzverstärkung folgen. Die Rückgewinnung der codierten Farbenspannungen über einen besonderen Oszillator, der von einem auf der hinteren Schwarztreppe aufmodulierten Farbsynchronisationsschwingungszug, dem sogenannten Farbsynchronsignal, synchronisiert wird, bedingt eine Verschiedenheit gegenüber den Schwarz-Weiß-Empfängern. Es ist aber auch erkennbar, daß die derzeit noch vorhandene Ähnlichkeit mit Schwarz-Weiß-Empfängerschaltungen in bezug auf die Ablenkstufen Aussicht hat, durch vorliegende neue Entwicklungstendenzen in wenigen Jahren völlig zu verschwinden. Die Gründe hierfür sind die mit großer Intensität durchgeführten Arbeiten auf dem Gebiet der Ausarbeitung einfacherer Farbfernseh-Empfängerschaltungen und das Bekanntwerden neuer Farbfernseh-Bildröhren, die eine andere Schaltungstechnik der Empfänger bedingen. Die Vereinfachung der Farbfernseh-Empfänger bezieht sich vorläufig hauptsächlich auf die Frage des Schaltungsaufwands bei der Demodulation der Farbinformation und der nachfolgenden Matrizierung zum Rückerhalt der drei Farbenspannungen. Sie wird aber im übrigen auch durch die Röhrenentwicklung beeinflußt. Besonders das sogenannte Apple-System weist eine erheblich verschiedene Schaltungstechnik auf, wenn diese mit den im Augenblick meist propagierten Empfängerschaltungen für Maskenröhren verglichen wird. Wesentlich neue Züge der Schaltungstechnik der Empfänger zeigen sich bei der Anwendung der flachen Gabor-Röhre, bei der ein besonderer Bildkippteil nicht erforderlich ist, da die Elektronik der Gabor-Farbbildröhre den gesamten Bildablenkteil im Empfänger wesentlich einfacher auszuführen gestattet und auch den Zeilenablenkteil billiger werden läßt, weil der Leistungsbedarf der bei ihr verwendeten statischen Ablenkung nur gering ist. Der vorliegende Beitrag soll die Entwicklungstendenzen der Farbfernseh-Empfängertechnik kurz aufreißen, um zu zeigen, in welchem Grade die gesamte Entwicklung der Empfängerseite in der Farbfernsehtechnik noch im Fluß ist.

Die zwei wesentlichen Demodulations- und Matrizierungsschaltungen der Farbfernseh-Empfängertechnik

Die Notwendigkeit, künftige Farbfernsehprogramme auch mit den bisherigen Schwarz-Weiß-Fernsehempfängern verarbeiten zu können[2]), bedingt, aus den drei Farbspannungen E_R, E_G und E_B, die der Helligkeit der roten, grünen und blauen Anteile jedes Bildpunktes proportional sind, ein sogenanntes Helligkeitssignal E_Y zu formen, für das sich aus Gründen der physiologischen Optik folgende Gleichung ergibt:

$$E_Y = 0{,}30\ E_R + 0{,}59\ E_G + 0{,}11\ E_B. \quad (1)$$

Man bildet ferner aus den roten, grünen und blauen Anteilen zwei weitere Farbsignale E_I und E_Q. Diese Farbsignale werden nicht der Bildträgerfrequenz des Fernsehsenders aufmoduliert, sondern zunächst einem Hilfsträger, dem sogenannten Farbenträger, der vorläufig für Europa noch nicht genormt ist und wahrscheinlich die Frequenz 4,2109375 MHz erhält, d. i. die 539. Harmonische (7 · 7 · 11) der halben Zeilenfrequenz. Der Abstand zwischen dem Farbenträger und dem Tonträger beträgt bei der CCIR-Norm für diese Farbenträgerfrequenz 1,2890625 MHz, d. i. die 165. Harmonische (3 · 5 · 11) der halben Zeilenfrequenz. Über die Gründe für die Bildung eines I- und eines Q-Signals ist an anderer Stelle ausführlich berichtet worden [1].

Die Einschachtelung der Farbinformation als Quadraturmodulation auf einen Farbenträger erfolgt bekanntlich durch Amplitudenmodulation mit unterdrückter Trägerwelle, bei der zwei gleiche in entgegengesetzten Richtungen rotierende Seitenbandvektoren erzeugt werden, so daß die Resultierende der Seitenbandvektoren ihre Phase nur zwischen 0° und 180° sprungweise ändert. Die zweite Information neben I, nämlich das sogenannte Q-Signal, wird auf eine um 90° phasenverschobene Trägerwelle gleicher Frequenz aufmoduliert und erzeugt ein ähnliches Bild, nur mit dem Unterschied, daß nun die neue Resultierende gegen die alte um 90° in der Phase verschoben ist. Aus beiden Resultierenden bildet sich ein Vektor der Farbinformation, der ständig Änderungen in Amplitude und Phase unterworfen wird.

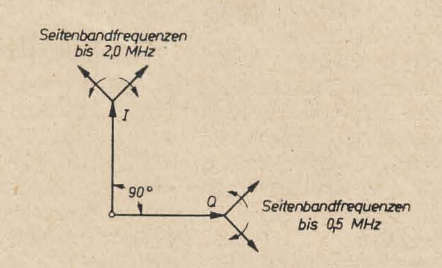


Bild 1: Prinzip des Synchronmodulationsverfahrens mit den um 90° phasenverschobenen Trägerkomponenten für die Farbinformationen I und Q

Das Helligkeitssignal, das bei der kompatiblen Farbfernsehübertragung den Schwarz-Weiß-Empfang ermöglicht, wird also anteilmäßig aus den drei Primärfarben Grün, Rot und Blau gebildet. Für die Quadraturmodulation erzeugt man in einer besonderen Matrixschaltung folgende beide Signale:

$$E_I = 0{,}60\ E_R - 0{,}28\ E_G - 0{,}32\ E_B, \quad (2)$$

$$E_Q = 0{,}21\ E_R - 0{,}52\ E_G + 0{,}31\ E_B. \quad (3)$$

Im Bild 1 ist das Prinzip des Synchronmodulationsverfahrens mit den um 90° phasenverschobenen Trägerkomponenten für die Farbinformationen I und Q skizziert.

Es kann als bekannt vorausgesetzt werden, daß für die Übertragung der gesamten Farbfernsehinformation, die aus einem Helligkeits- und zwei Farbanteilen besteht (abgekürzt Y sowie I und Q), nur drei Kanäle in einem Fernsehkanal zur Verfügung stehen und daß man in den Anfängen der Farbfernsehtechnik außer dem Y-Signal nicht I und Q, sondern nur noch zwei Farbdifferenzsignale R — Y und B — Y bildete. Diese Farbdifferenzsignale setzten sich folgendermaßen aus den einzelnen Farbanteilen zusammen:

$$R - Y = 0{,}70\ R - 0{,}59\ G - 0{,}11\ B, \quad (4)$$

$$B - Y = 0{,}89\ B - 0{,}59\ G - 0{,}30\ R. \quad (5)$$

Aus mathematischen Gründen ist es einzusehen, daß man aus den drei Größen R — Y, B — Y und Y die drei Farbspannungen für Rot, Grün und Blau rückgewinnen kann. Für das Farbsynchronsignal und die beiden genannten Farbdifferenzspannungen sowie die Signale I und Q ergibt sich ein Farbphasendiagramm, das im Bild 2 skizziert ist.

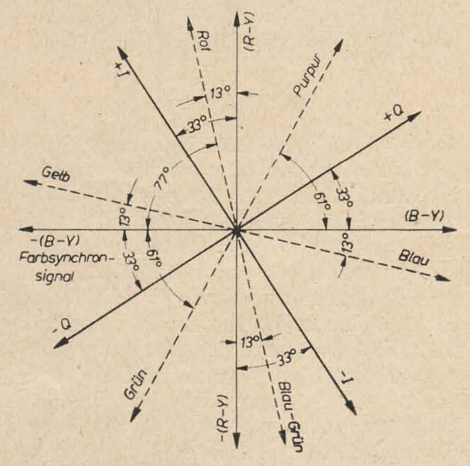


Bild 2: Das Farbphasendiagramm mit der (R—Y)- und (B—Y)-Achse und dem I- und Q-Signal sowie dem Farbsynchronsignal und einzelnen verschiedenen Schlüsselfarben

---

[1]) Inge Bornemann: Neue Entwicklungstendenzen bei Farbfernseh-Bildröhren; Seite 433 dieses Heftes.

[2]) Ein Farbfernsehsystem, das es gestattet, Farbprogramme mit üblichen Schwarz-Weiß-Empfängern als Schwarz-Weiß-Programme zu empfangen, wird als „kompatibel" bezeichnet; man spricht auch von der „Kompatibilität" eines Farbfernsehsystems. Noch ist in Europa keine Entscheidung darüber gefallen, ob eine europäische Farbfernsehnorm verbindlich werden wird; eine Möglichkeit, ein „nichtkompatibles" System zu verwenden, ergäbe sich dadurch, daß man die Bänder I und III dem Schwarz-Weiß-Betrieb überläßt und eins der Dezimeterbänder IV oder V bzw. beide einem nicht kompatiblen Farbfernsehbetrieb vorbehält. Die Red.

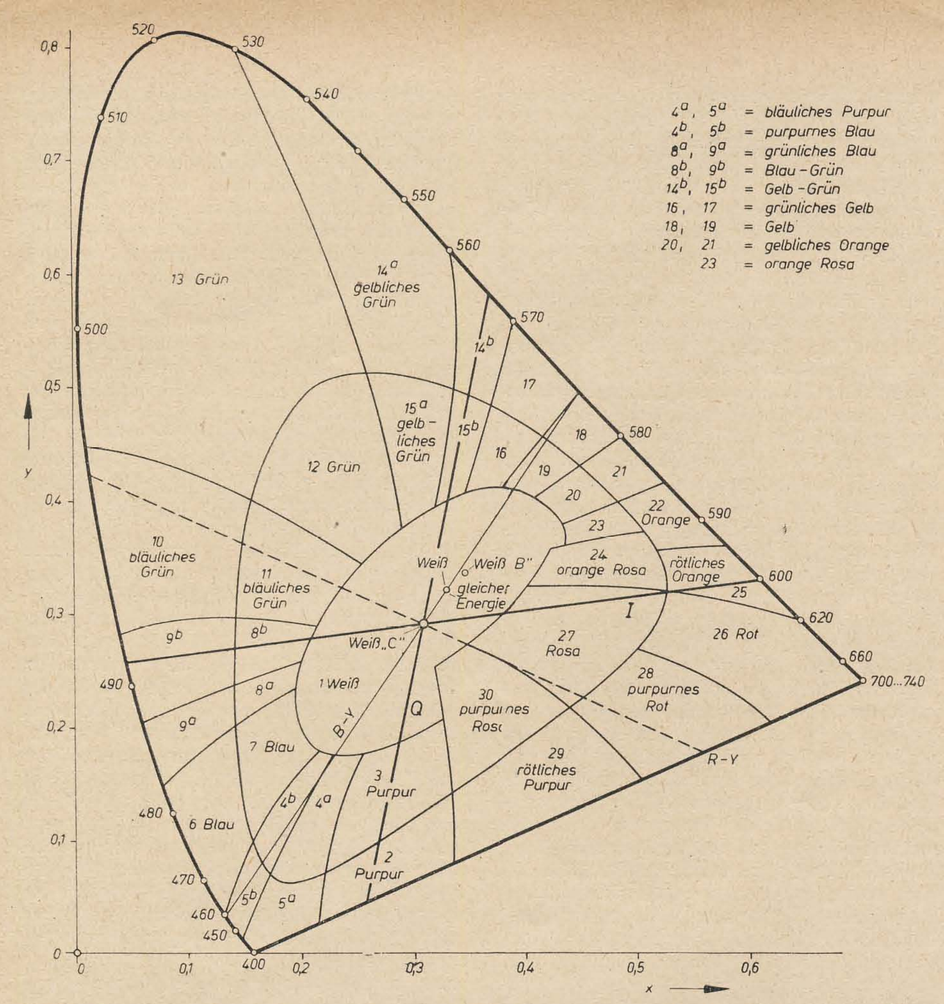


Bild 3: Das genormte x-y-Farbreizdiagramm mit eingezeichnetem Spektralfarbenzug, auf dem sämtliche vollgesättigten Spektralfarben liegen (Spektralwellenlängen als Teilung längs der Kurve eingetragen) und bei dem die Farbsättigungswerte auf der Verbindungslinie vom Weißpunkt zu der betreffenden Farbton-Wellenlänge liegen. Eingezeichnet sind die I- und Q-Achse. Die eingetragenen Flächen stellen Bereiche bestimmter Farbton-Farbsättigungswerte dar

Es stellte sich jedoch heraus, daß das Auge für kleine Bildeinzelheiten farbigen Charakters empfindlicher ist, wenn diese rot oder blau sind, im Gegensatz zu einer geringeren Empfindlichkeit nach der Grün-Richtung. Aus diesem Grunde änderte man in Amerika die Farbfernsehnorm dahingehend, daß man nicht mehr R — Y und B — Y, sondern statt dessen I und Q übertrug. Das I-Signal sollte also gestatten, Farben, die zwischen Rot und Blau liegen, mit einer größeren Auflösung zu übertragen, und Farben, die etwa zwischen einem gelblichen Grün und Purpur liegen, mit einer geringeren Auflösung. Diese Erkenntnis bedingte für das I-Signal eine größere Bandbreite gegenüber dem Q-Signal. Das Problem der Farbdifferenz und der sogenannten Quadratursignale I und Q ist auch der Kernpunkt für verschiedene Empfängertechniken, deren Aufwand verschieden groß ist und damit die Empfänger preislich unterschiedlich werden läßt.

Im Bild 3 ist das genormte x-y-Farbreizdiagramm mit den Farbdifferenzachsen und der I- und Q-Achse, das allen Farbfernseh-Betrachtungen zugrunde liegt, abgebildet. Die eingetragenen Flächen stellen Bereiche gewisser Farbton-Farbsättigungswerte dar. Über die Bedeutung und Entstehung des Farbreizdiagramms ist ebenfalls bereits an anderer Stelle hinreichend berichtet worden [3].

Die Tatsache, daß das Auge des Menschen für Einzelheiten in Richtung der Q-Achse (also Purpur bis Gelbgrün) unempfindlich ist, dagegen Einzelheiten zwischen dem rötlichen Orange und dem Blaugrün, also in Richtung der I-Achse, noch bis zu wesentlich feineren Bilddetails erkennt, war der Grund, daß man die ursprünglich gewählten Achsen, nämlich R — Y und B — Y, für eine zweckmäßige Farbenübertragung drehte und in der Bandbreite unterschiedlich machte. Weil das menschliche Auge unterhalb einer gewissen Fläche Farben nur noch längs einer geraden Linie von etwa 490 mμ über Weiß bis 600 mμ auflöst, obgleich sie im Spektraldiagramm in Wirklichkeit anders lie-

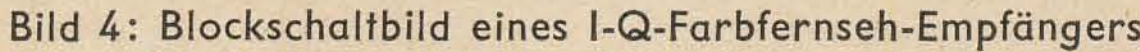


Bild 4: Blockschaltbild eines I-Q-Farbfernseh-Empfängers

gen, ist es also möglich, oberhalb von etwa 0,5 MHz auf eine Übertragung von Farbreizen außerhalb dieser Linie bzw. dieses schmalen Bereichs zu verzichten. Weder R—Y noch B—Y liegen aber in dieser Richtung. Aus diesem Grunde wurden die neuen Achsen I (Blaugrün bis zum rötlichen Orange) und Q (gelbliches Grün bis zum rötlichen Purpur) in ihrer vektoriellen Lage zu den Hauptfarben Blau, Grün und Rot so gewählt, wie dies aus Bild 2 zu erkennen ist. Die Bezeichnung I stammt von „in Phase" und Q von „quadratische Phase".

Die Grundzüge der Farbfernseh-Empfängertechnik zeigen zwei verschiedene Richtungen des Aufbaus eines Farbfernseh-Empfängers. Diese beiden Richtungen unterscheiden sich danach, ob die gesamte zur Verfügung stehende Farbinformation I und Q neben der Helligkeitsinformation ausgenutzt wird oder ob nur ein Teil der verhältnismäßig großen Frequenzbandbreite des I-Signals ausgenutzt wird und die Demodulation nicht längs der I- und Q-Achse mit verschiedenen Bandbreiten, sondern längs der R—Y- und B—Y-Achse mit gleichen Bandbreiten erfolgt. Diese letzte Technik wird als e q u i b a n d - Empfänger bezeichnet. Es handelt sich im zweiten Fall also um einen billigeren Empfängertyp, bei dem beide Farbinformationen im Frequenzband gleich groß und verhältnismäßig schmal sind (etwa 0,5 MHz).

Die Blockschaltung eines Farbfernseh-Empfängers, der mit I-Q-Demodulation arbeitet, also gewissermaßen den „Qualitätstyp" verkörpert, ist im Bild 4 gezeigt. Sie unterscheidet sich in bezug auf die Eingangsstufen, den Zwischenfrequenzverstärker und den Demodulator nicht von den entsprechenden Teilen eines Schwarz-Weiß-Empfängers. Auch das Tonsignal wird entweder über einen gesonderten Zwischenfrequenzverstärker gewonnen oder am Ausgang des Demodulators durch das sogenannte Intercarrierverfahren erzeugt. Der Empfänger unterscheidet sich bis zu diesen Punkten also nicht wesentlich von einem Schwarz-Weiß-Empfänger bis auf die Tatsache, daß die zulässigen Toleranzen etwas enger gesetzt sind. Das Ausgangssignal hinter dem Demodulator wird in v i e r verschiedene Zweige geleitet. Ein Zweig führt das vollständige Signal zur Farbfernseh-Bildröhre, wo es benutzt wird, um die Helligkeit aller drei Elektronenstrahlsysteme der Farbbildröhre in gleichen Anteilen zu beeinflussen. Es wird zu diesem Zweck über drei verschiedene Verstärker geleitet. Im zweiten Zweig filtert ein Bandpaßfilter die hochfrequenten Komponenten des Signals (etwa 2,4 bis 5 MHz) aus, die dort hauptsächlich aus dem Quadratursignal bestehen, das auf den Farbenträger aufmoduliert wurde. Dieses Signal wird zwei Modulatoren zugeleitet, die als Synchrongleichrichter arbeiten und das I- und Q-Signal zurückgewinnen. Auch die Anteile des H e l l i g k e i t s signals, die zwischen 2,4 und 5 MHz liegen, werden den Modulatoren zugeführt und auf niedrigere Frequenzen umgesetzt. Diese Frequenzkomponenten ergeben aber mit der Farbinformation I und Q keine bemerkbare Störung, weil sie in der Frequenz zwischen die Farbinformation eingeschachtelt sind und sich in zwei aufeinanderfolgenden Bildern gegenseitig infolge ihres verschiedenen Vorzeichens auslöschen [4].

Die letzten beiden Zweige am Ausgang des zweiten Detektors verarbeiten die im Farbfernsehsignal enthaltene Synchronisationsinformation. Einmal wird eine gewöhnliche Synchronisationsabtrennstufe zur Erzeugung von Impulsen für die horizontale und vertikale Ablenkung benutzt. Die Hochspannung für die Bildröhre wird ebenfalls wie bei normalen Fernsehempfängern aus dem Rücklauf oder je nach dem Empfängertyp auch aus einem besonderen Netzgerät entnommen. Der letzte Zweig führt zum Synchronisationsverstärker für das Farbsynchronsignal, eine Stufe, die nur für eine kurze Zeitspanne nach jedem Synchronisationsimpuls durch einen Multivibrator eingeschaltet wird, der seinerseits von den horizontalen Synchronisationsimpulsen gesteuert wird. Die abgetrennten Schwingungszüge des Farbsynchronsignals werden verstärkt und mit dem Ausgang eines Empfängeroszillators in einer Phasendetektorschaltung verglichen. Sobald eine Phasendifferenz zwischen der Schwingung des Empfängeroszillators und dem Farbsynchronsignal auftritt wird eine Fehlerspannung am Phasendetektor erzeugt, die den Oszillator durch eine Blindröhrenschaltung in der Phase korrigiert. Diese automatische Frequenzsteuerungsschaltung bringt den Empfängeroszillator in Synchronismus mit dem Farbenträgeroszillator auf der Senderseite. Der Ausgang dieses Oszillators liefert die beiden Bezugsspannungen für die Synchrondetektoren, wobei eine 90°-Phasenschieberschaltung die Spannung für den Q-Demodulator um 90° relativ zur Spannung des I-Demodulators dreht.

Die Y-, I- und Q-Signale gehen sämtlich durch Filter, um sie von anderen Frequenzkomponenten zu befreien, die Störeffekte im Bild hervorrufen könnten. Das I- und das Q-Signal durchlaufen Filter mit einer Bandbreite von 2 bzw. 0,5 MHz. Im Bild 4 ist die Filtercharakteristik für das I- und das Q-Filter eingetragen. Für das Y-Signal ist ebenfalls ein Tiefpaß erforderlich. Es bedarf besonderer Verzögerungsschaltungen, um die Gruppenlaufzeitverzögerungen in diesen drei Filtern auszugleichen. Es ist einleuchtend, daß die entstehenden Verzögerungen der Y-, I- und Q-Signale gleich groß sein müssen, wenn man diese Signale zur Steuerung der Farbbildröhre wieder zusammensetzen will. Die Verzögerungen entstehen in den Filterteilen der Schaltung. Da die Filter verschieden sind, sind auch die entstehenden Gruppenlaufzeitverzögerungen verschieden groß.

Auf den Filterteil dieses Farbfernseh-Empfängers folgt der M a t r i x teil, in dem die Y-, I- und Q-Signale so gemischt werden, daß sie die R-, G- und B-Signale ergeben, die die Farbbild-

Bild 5: Demodulationsteil eines amerikanischen Farbfernseh-Empfängers

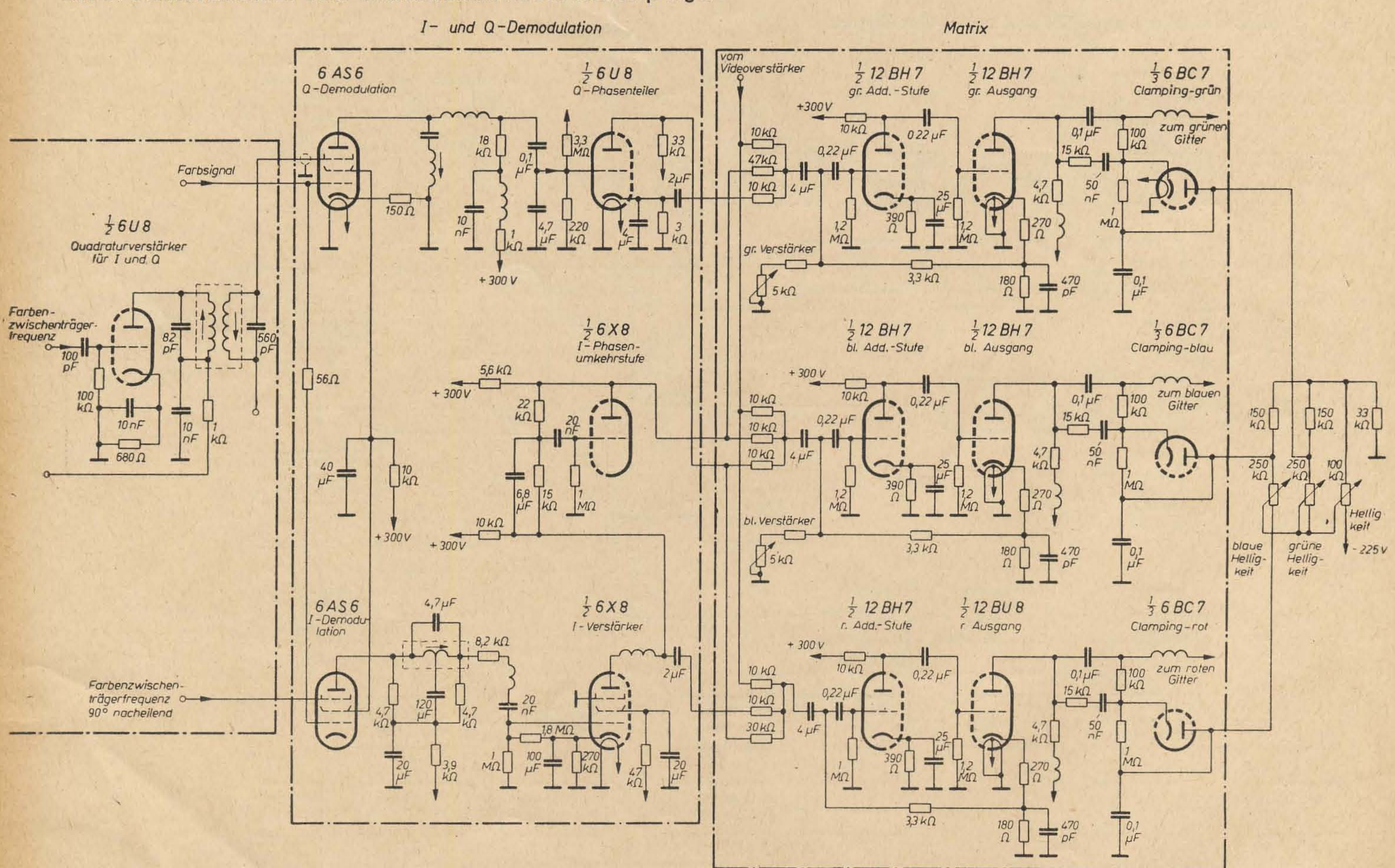
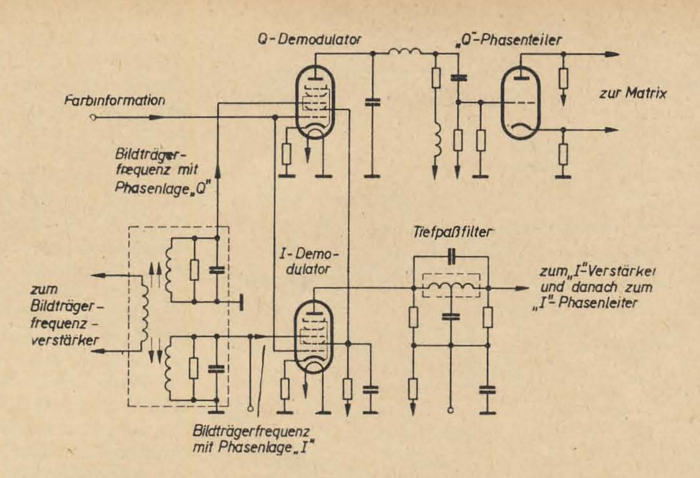


Bild 6: Demodulations- und Matrixteil eines Farbfernseh-Empfängers mit I-Q-Demodulation



röhre steuern müssen. Es gibt verschiedene Typen solcher Matrixkreise. Einfache Widerstandsschaltungen, wie sie im Bild 4 angedeutet sind, erweisen sich in der Praxis als recht brauchbar. Im Ausgangsteil des Empfängers werden diese Signale so verstärkt, daß sie die Farbbildröhre steuern können. Eine „Clampingschaltung zur Herstellung der Gleichspannungskomponenten ist zugefügt.

Im Bild 5 ist der Demodulationsteil eines solchen Empfängers gezeigt. Links ist der Ausgang einer Verstärkerstufe für das I- und Q-Signal zu erkennen, von dem das Farbträgersignal über eine induktive Kopplung auf den Q-Demodulator geleitet wird. Gleichzeitig wird das Farbträgersignal, 90° voreilend, dem I-Demodulator zugeführt. Auf die beiden Demodulatoren folgen Tiefpässe.

Eine andere Möglichkeit zeigt Bild 6, wo man erkennt, daß das Chrominanzsignal (Farbsignal) beiden Steuergittern direkt zugeführt wird, während das Farbträgersynchronsignal einmal von der Sekundärwicklung des Quadraturverstärkers dem Bremsgitter des Q-Demodulators und einmal mit 90° Nacheilung dem zweiten Steuergitter des I-Demodulators zugeführt wird. Grundsätzlich folgen wegen der erforderlichen Matrizierung auf beide Demodulatorstufen Phasenteiler, das sind Triodenteile, bei denen sowohl an der Anode als auch am Katodenwiderstand das Q- bzw. I-Signal mit 180° Phasenverschiebung gegeneinander abgenommen werden. Im I-Zweig liegt noch eine Verstärkerstufe vor dem Phasenteiler bzw., wie im Bild 6, vor der Phasenumkehrstufe.

Die Matrix besteht aus einer Anzahl von Röhrenstufen, deren Aufgabe es ist, aus dem I- bzw. Q-Signal die grüne, blaue und rote Farbspannung zurückzugewinnen. Es handelt sich um normale Triodenverstärker, denen im entsprechenden Verhältnis das Y- (Helligkeits-)Signal sowie I und Q zugeführt werden. Es erfolgt eine lineare Addition am Steuergitter. Der zweite Teil der Triodenstufe dient lediglich Verstärkungszwecken. Ähnlich wie beim Schwarz-Weiß-Fernsehen folgt in jedem Kanal noch eine Clampingstufe zur Wiederherstellung der Gleichstromkomponente.

Man erkennt, daß der Schaltungsaufwand verhältnismäßig groß ist. Es gibt noch zwei weitere Varianten der Farbfernseh-Empfängertechnik, von denen die erste die wesentlichste sein mag. Es handelt sich dabei um den bereits erwähnten „equiband"-Empfänger, einen Empfängertyp, der grundsätzlich insofern anders als die eben beschriebenen Empfängerschaltungen arbeitet, als I- und Q-Signal nicht, wie im Blockschema Bild 4 gezeichnet, mit verschiedener Bandbreite übertragen werden, sondern mit gleicher Bandbreite von etwa 0,5 bis 0,8 MHz. Ein solches Empfängerschaltbild ist im Bild 7 wiedergegeben.

Die grundsätzliche Wirkungsweise eines equiband-Empfängers beruht darauf, daß man ein vollständiges Chrominanzsignal E_F folgendermaßen darstellen kann:

$$E_F = E_Y + E_Q \cdot \sin(\omega t + 33°) + E_I \cdot \cos(\omega t + 33°). \qquad (6)$$

Der erste Summand E_Y ist das Helligkeitssignal, während die beiden weiteren Summanden die Chrominanzanteile sind, die, veranschaulicht durch die Sinus- bzw. Kosinusfunktion, natürlich eine gegenseitige Phasenverschiebung von 90° aufweisen.

Unter der Voraussetzung, daß man die Farbfrequenzen in der Bandbreite auf etwa 0,5 bis 0,8 MHz einschränkt, gilt folgende Beziehung:

$$E_F = E_Y + 0{,}492\,(E_B - E_Y)\sin\omega t + 0{,}877\,(E_R - E_Y)\cos\omega t. \qquad (7)$$

Aus dieser Gleichung ist ersichtlich, daß gegenüber Gleichung (6) nunmehr zwei Farbdifferenzspannungen $E_B - E_Y$ und $E_R - E_Y$ stehen. Beide sind um 33° gegenüber den Werten der Gleichung (6) gedreht. Aus Bild 2 ist zu erkennen, daß man sich nun mit dem ersten Summanden der Gleichung (7) auf der Achse des Farbsynchronsignals befindet und mit dem zweiten Summanden auf einer dazu senkrecht verlaufenden Achse.

Aus theoretischen Betrachtungen folgt, daß die Bildqualität bei einer solchen Empfängerschaltung nicht so gut sein kann wie die der I-Q-Empfänger. Amerikanische Versuche haben aber ergeben, daß der Unterschied nicht wesentlich ist und daß der Empfängeraufbau bedeutend einfacher und dadurch billiger wird. Dies kommt deutlich durch die im Bild 7 skizzierte Schaltung eines equiband-Empfängers zum Ausdruck.

Man erkennt links eine Treiberstufe für die Demodulation, dann den (R—Y)-Demodulator und den (G—Y)-Demodulator, die beide ihre Synchronsignalspannungen von den Sekundärwicklungen eines Ausgangstransformators des Empfängeroszillators für die Farbenträgerfrequenz erhalten. Die Synchrondemodulation erfolgt in zwei Trioden über das Steuergitter. Anodenseitig wird der Ausgang des (R—Y)-Demodulators und des (G—Y)-Demodulators zusammengeschlossen, um über eine Verstärkerstufe mit einer weiteren Triode das (B—Y)-Signal zu ergeben. Die Farbdifferenzsignale werden den drei Steuergittern der Farbbildröhre zugeführt, während das Helligkeitssignal die drei getrennten Katoden speist. So erfolgt die Rückgewinnung des roten, grünen und blauen Farbsignals in der Farbbildröhre selbst.

Diese Schaltung ist, wie man leicht erkennen kann, wesentlich einfacher als die I-Q-Demodulationsschaltung der Bilder 5 und 6. Im Bild 8 ist eine ähnliche Farbdifferenz-Demodulationsschaltung abgebildet wie im Bild 7, jedoch mit dem Unterschied, daß hierbei für die Demodulation Duodioden verwendet werden. In der Schaltung mit den Duodioden erzeugen beide Demodulatoren negative Ausgangsspannungen, —(R—Y) und —(B—Y). Eine Phasenumkehr wird durch zwei getrennte Verstärkerstufen erzeugt, aus denen das (R—Y)- und das (B—Y)-Signal direkt den Steuergittern der Farbbildröhre zugeleitet wird. Auch ein (G—Y)-Verstärker ist bei dieser Schaltung vorhanden, er wird von den Anodenkreisen der beiden anderen Farbdifferenzverstärker gespeist.

Bemerkenswert ist, daß die Farbdifferenz-Demodulationsschaltungen keine Stufen zur Wiedergewinnung der Gleichspannungskomponente brauchen, weil ein Gleichstromweg zwischen den Farbdemodulatoren und den Steuergittern der Bildröhre besteht.

Eine noch wesentlichere Ersparnis an Schaltungsstufen wird mit einer Schaltungsart erzeugt, die im Bild 9 angedeutet ist. Das Wesentliche bei dieser Schaltung ist, daß die Matrizierung vor der Demodulation erfolgt. Es läßt sich zeigen, daß man damit praktisch ebensoviel Schaltungsstufen und Einzelteile gegenüber Empfängern nach den Bildern 4, 5 und 6 spart, wie dies mit der equiband-Schaltung möglich ist.

Bild 7: Demodulations- und Matrixteil eines Farbfernseh-Empfängers mit (R-Y)- und (G-Y)-Demodulation (equiband-Empfänger)

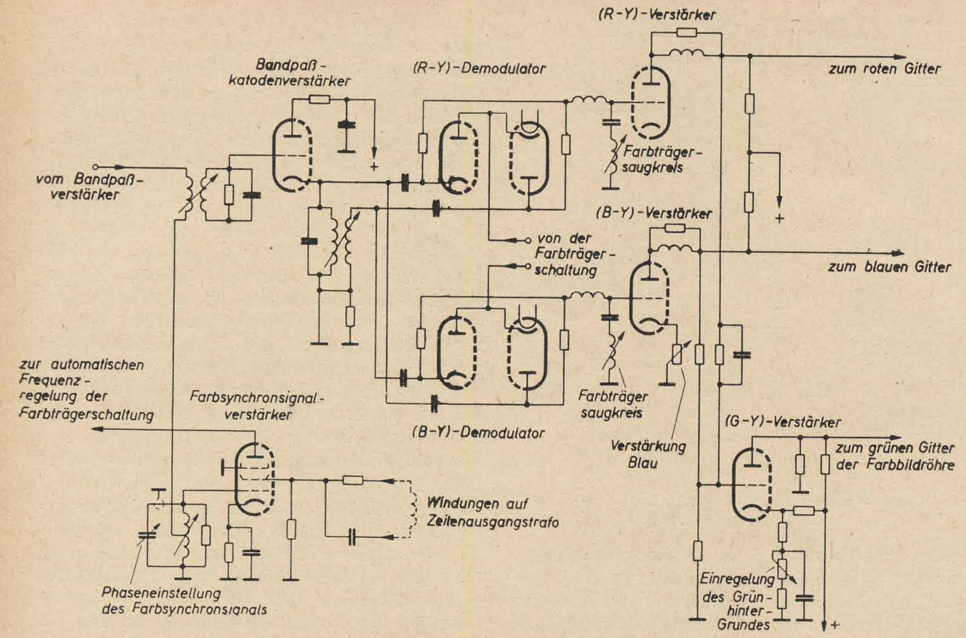


Bild 8: Demodulations- und Matrixteil eines equiband-Empfängers mit Duodioden im Demodulationsteil

Das Chrominanzsignal kann in zwei Zweige aufgeteilt werden, die Breitband- und Schmalbandfilter enthalten. Diese Signale werden dann mit geeigneten Phasen- und Amplitudendifferenzen so zusammengesetzt, daß die E_I-Komponente des Breitbandsignals und die E_Q-Komponente des Schmalbandsignals in gleicher Phase liegen, und zwar entweder in Richtung der (R — Y)- oder der (B — Y)-Achse. Man benötigt dann für jeden Farbdifferenzkanal einen Demodulator, der ($E_B - E_Y$) bzw. ($E_R - E_Y$) erzeugt. Es ist nämlich:

$$0{,}62\,E_Q - 0{,}40\,E_I = 0{,}36\,(E_B - E_Y), \quad (8)$$

$$0{,}62\,E_Q + 0{,}96\,E_I = E_R - E_Y. \quad (9)$$

Die ($E_B - E_Y$)-Signale und die ($E_R - E_Y$)-Signale lassen sich also dadurch erzeugen, daß man eine Stufe, die eine E_Y-Spannung liefert, benutzt, um E_I mit beiden Polaritäten und verschiedenen Faktoren hinzuzuaddieren, wobei Voraussetzung ist, daß die benötigte 90°-Phasendrehung von Q relativ zu I erfolgt. Ein wesentlicher Vorteil dieser Schaltung besteht zunächst darin, daß die Demodulatoren gleichphasig von einer Farbträger-Bezugsfrequenz gespeist werden.

Bild 9 deutet die Realisierung dieses Gedankens an. Das gemeinsame 0,62-E_Q-Signal wird durch geeignete Ausbildung der Scheinwiderstände des Q-Schmalbandkreises und des I-Breitbandkreises einschließlich des angekoppelten Breitband-I-Kreises erzeugt. Die Anzapfung der Sekundärseite des I-Kreises wird so gelegt, daß man die Beträge 0,96 E_I und 0,40 E_I erhält. Die benötigte Phasenverschiebung von 90° zwischen Q und I wird automatisch erzeugt. Dieser Kreis verlangt aber einen Laufzeitausgleich für die unterschiedliche Gruppenlaufzeit zwischen dem Q-Schmalbandkreis und dem I-Breitbandkreis.

Zweifellos hat eine solche Anordnung die Aussicht, die Güte der I-Q-Schaltung mit der Einfachheit der equiband-Schaltung zu vereinen.

Die Schaltungstechnik der Farbfernseh-Empfänger mit „Apple-tube"-Farbbildröhren

In einem Beitrag im vorliegenden Heft dieser Zeitschrift [5] werden zwei weitere Farbbildröhrensysteme behandelt, die Aussicht haben, in nächster Zeit größere Produktionsauflagen zu bekommen. Die erste dieser in dem erwähnten Beitrag beschriebenen Farbbildröhren ist die sogenannte „Apple-tube". Während über ihren Aufbau und ihre Arbeitsweise in der zitierten Arbeit berichtet wird, soll hier über die spezielle Schaltungstechnik solcher Empfänger etwas erwähnt werden. Im Bild 10 ist die Blockschaltung einer möglichen Variante eines Farbfernseh-Empfängers mit „Apple-tube" skizziert. Die Kreise, die sich in den gestrichelt angedeuteten Blöcken befinden, entsprechen denen der üblichen Farbfernseh-Empfängertechnik, und das „Apple"-System stellt an sie keine besonderen Anforderungen. Die übrigen, geschlossen umrandeten Schaltungsstufen stellen vier Besonderheiten des „Apple"-Systems dar: den Indexverstärker, den Oszillator für die Pilotfrequenz und die Farbenmischstufen, den Verstärker für die Schreibfrequenz sowie die Horizontalablenkung und Hochspannungserzeugung.

Der Spurstrahl, der ständig einen wenn auch geringen Strom aufweist, und der Schreibstrahl, der mit der Helligkeitsinformation und der Farbinformation moduliert ist, werden gemeinsam über den Bildschirm geführt und treffen stets gemeinsam auf denselben Farbstreifen auf. Da die Farbstreifen und somit auch die Indexstreifen vertikal verlaufen, die Ablenkung jedoch normal nach der amerikanischen Norm erfolgt (525 horizontale Zeilen pro Bild, d. h. 15750 Zeilen pro Sekunde), entstehen in der Sekunde etwa 6400000 Sekundäremissionsstromstöße, die kapazitiv von der Bildröhre als Spannungsimpulse abgenommen werden. Nun würde jedoch dieses Indexsignal von 6,4 MHz mit den jeweiligen Frequenzen der Helligkeits- und der Farbinformation moduliert werden, so daß die von der Bildröhre abgenommene Frequenz ein Gemisch mehrerer benachbarter Frequenzen darstellen würde. Um deshalb eine Indexfrequenz zu bekommen, die eine eindeutige Aussage über die jeweilige Lage der beiden Elektronenstrahlen ergibt (die also nur von den Sekundäremissionsstromstößen bestimmt wird!), verfährt man wie folgt (Bild 11):

Der Spurstrahl wird mit einer Frequenz von 41,7 MHz moduliert. Die Summenfrequenz 41,7 + 6,4 = 48,1 MHz wird über einen schmalbandigen Verstärker ausgefiltert und verstärkt und dann durch Mischen mit 41,7 MHz wieder auf 6,4 MHz umgesetzt. Alle störenden Mischprodukte aus der Helligkeits- und Farbinformation des Schreibstrahls werden in dem Schmalbandverstärker unterdrückt.

Die Spurstrahlmodulationsfrequenz von 41,7 MHz entsteht als Summe der Frequenz eines im Empfänger befindlichen Oszillators, der sogenannten Pilotfrequenz von 38,1 MHz, und der aus den Farbsynchronisationsschwingungszügen zurückgewonnenen Farbträgerfrequenz von 3,58 ≈ 3,6 MHz (alles auf die NTSC-Norm bezogen). Der vom Chrominanzverstärker abgenommene 3,58-MHz-Farbträger (mit Farbinformation) ergibt nach Mischung mit der Pilotfrequenz ebenfalls eine Frequenz von 41,7 MHz, die jedoch die Farbinformation enthält. Mit dieser Frequenz erfolgt die Mischung des Indexsignals von 48,1 MHz, so daß die oben erwähnte zurückgewonnene 6,4-MHz-Frequenz ebenfalls mit der Farbinformation moduliert ist.

Diese Frequenz von 6,4 MHz, die nun dem Schreibstrahl die Farbinformation übermittelt, ist also starr synchronisiert mit dem tatsächlichen Lauf und der augenblicklichen Lage des Schreibstrahles. Jedesmal, wenn Schreibstrahl

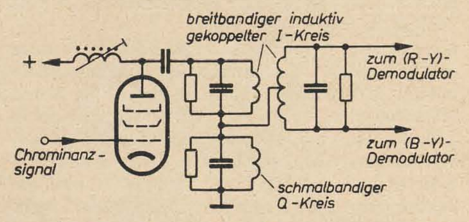


Bild 9: Prinzip der Matrizierung der Farbträgerfrequenz vor der Demodulation

und Spurstrahl einen Indexstreifen und damit z. B. einen grünen Farbstreifen (s. S. 433 Bild 1) überstreichen, wird dem Schreibstrahl außer dem Helligkeitssignal Y auch die Information der Farbe „Grün" zugeführt. Die Informationen der beiden anderen Farben folgen während einer Periode der 6,4-MHz-Frequenz entsprechend der NTSC-Norm.

Das Potential der Leuchtschirmanordnung beträgt etwa 27 kV. Die Anode (Kollektor) hat ein Potential von 30 kV und ist elektrisch vom Leuchtschirm durch einen Chromoxydstreifen getrennt. Die 3-kV-Differenz zwischen dem Schirm und der Anode ermöglicht die Abnahme eines Sekundärelektronensignals von den Index-

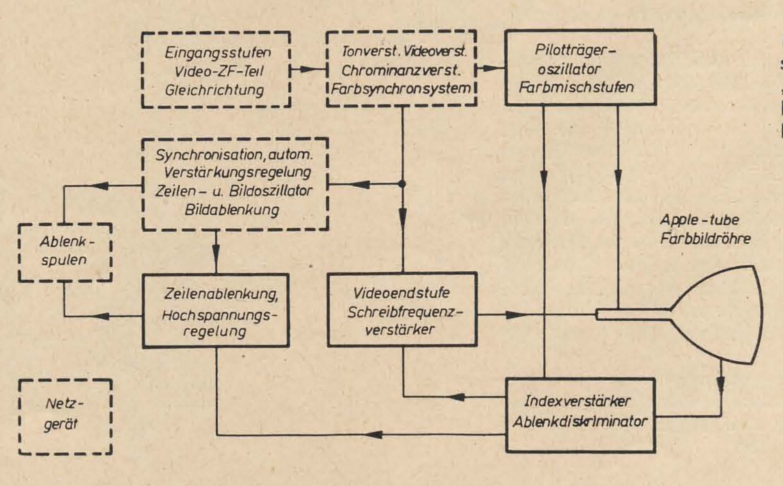


Bild 10: Blockschaltbild eines „Apple"-Farbfernseh-Empfängers

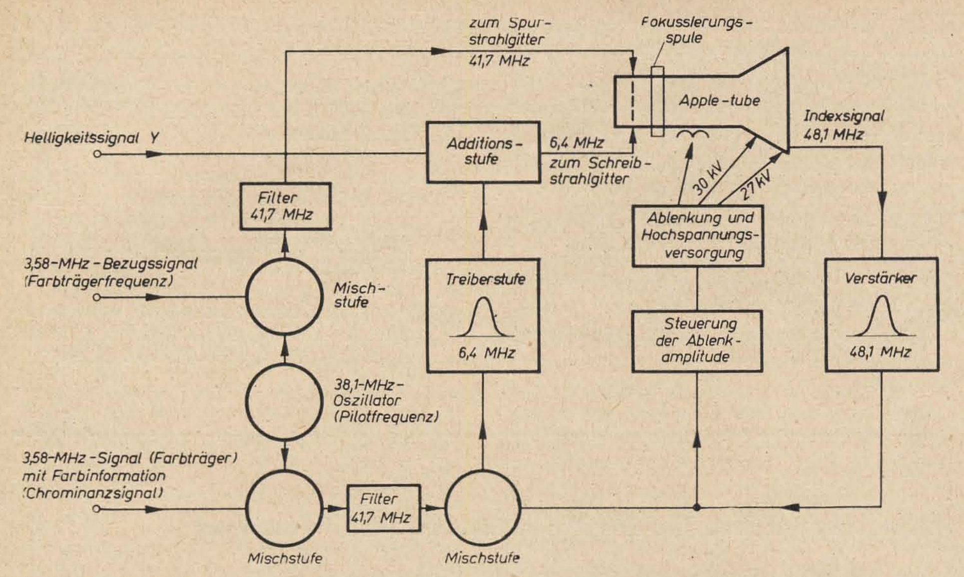


Bild 11: Frequenzplan der Steuerung einer „Apple-tube"

streifen, und damit wird die benötigte Information über die jeweilige Strahlposition gegeben. Ein Funktionsschaltbild eines Farbfernseh-Empfängers nach dem Apple-System ist im Bild 12 skizziert. Die Kreise außerhalb der gestrichelten Linien entsprechen denen normaler Farbfernseh-Empfänger. Der Horizontalablenkteil ist dem entsprechenden Ablenkteil von Schwarz-Weiß-Empfängern sehr ähnlich. Die 30-kV-Spannung wird durch eine Spannungsverdopplung mit zwei Röhren erzeugt. Die Empfänger nach dem Apple-System besitzen nur eine dynamische Fokussierungsschaltung für die Bildablenkung, die durch eine Überlagerung parabolisch verlaufender Wechselspannungen zu den Gleichspannungen der Bildröhre erreicht wird. Der Mischteil besteht aus zwei Röhren, deren Triodenteile fast die gesamte Verarbeitung des Chrominanzsignals im Empfänger übernehmen. Die Aufgaben dieses Blocks bestehen darin, eine unmodulierte Pilotträgerfrequenz zu erzeugen und die Farbmodulation einem zweiten Pilotfrequenzträger zu übertragen. In amerikanischen Schaltungen wird das Pilotsignal, das unmoduliert ist, in einer Pentode erzeugt, die als 38,1-MHz-Oszillator arbeitet. Danach wird es mit einem Bezugssignal der Farbträgerfrequenz gemischt (in Amerika 3,58 MHz), und die Summenfrequenz von 41,7 MHz wird ausgefiltert, verstärkt und dem Spurstrahlgitter der Apple-tube zugeführt, wobei eine Spannung von etwa 40 V_{ss} benötigt wird. Der Ausgang des Pilotoszillators wird ferner mit dem Empfänger-Chrominanzsignal gemischt und die Summe wiederum benutzt, um das modulierte Signal von 41,7 MHz, das also als Modulationsinhalt die Farbinformation trägt, zu bilden.

Die Arbeitsweise des Videoverstärkers ist die übliche. Das Helligkeitssignal nach dem Demodulator wird verstärkt und dem Schreibstrahlgitter der Farbbildröhre zugeführt. Das Chrominanzsignal, das aus dem Seitenbandverstärker kommt, wird in den letzten beiden Stufen des Videoverstärkers verstärkt und bildet zusammen mit der Helligkeitsspannung ein zusammengesetztes Videosignal für das Schreibstrahlgitter der Apple-tube. Erfahrungszahlen besagen, daß ein 150-V_{ss}-Signal ungefähr die maximale Bildhelligkeit der Apple-Röhre ergibt. An der Apple-Röhre wird ein Metallband in der Nähe des Bildröhrenkolbens benutzt, um eine kapazitive Kopplung zu ergeben, die auf die Resonanzfrequenz der Index-Seitenbandfrequenz abgestimmt ist und die Abnahme des Indexsignals gestattet.

Besonderheiten der Schaltungstechnik der Farbfernseh-Empfänger mit Gabor-Röhre

Der wesentliche Unterschied zwischen den Empfängerschaltungen, die in den ersten beiden Abschnitten des vorliegenden Beitrages beschrieben wurden und denen, die für die Gabor-Farbbild-Flachröhre in Anwendung kommen, ist die Tatsache, daß bei ihr eine statische Zeilenablenkung in Anwendung kommt, die bekanntlich wesentlich leistungsärmer arbeitet als Ablenkstufen mit magnetischer Ablenkung, wie sie heute fast ausschließlich in der Fernsehtechnik verwendet werden.

Im übrigen wird der Schaltungsaufbau für einen Gabor-Empfänger dadurch wesentlich verein-

Bild 12: Funktionsschaltbild eines Farbfernseh-Empfängers nach dem Apple-System

facht, daß die Gabor-Röhre mit einem Rasterzaun arbeitet, der die Kippstufen, die sonst in einem Fernsehempfänger enthalten sind, entfallen läßt. Dieser Rasterzaun wirkt, wie dies bereits im Beitrag von I. Bornemann [5] im vorliegenden Heft beschrieben wird, wie ein elektrischer Schlitzverschluß. Sobald die Zeilen bis zur untersten Zeile ausgeschrieben sind, tritt auf dem Rasterzaun eine Potentiatverlagerung in dem Sinne ein, daß nur die oberste „Rasterlatte" offen ist, so daß das Bild wiederum von oben begonnen wird.

Die Schwierigkeiten, die bei der Maskenröhre durch die drei Elektronenstrahlsysteme gegeben sind, die sich gegenseitig nicht beeinflussen dürfen, finden in der Flachröhre von Gabor insofern eine gewisse Parallele, als hier eine besondere elektronische Umkehroptik vorhanden ist, die zusammen mit einem magnetischen Kollimator, der elektrisch erregt wird, einige Ansprüche an die Schaltungstechnik stellt. Bislang sind aber nur Labormuster der Gabor-Röhre bekannt geworden, und es läßt sich somit noch kein endgültiges Urteil über Einzelheiten der für diese Farbbildröhre erforderlichen Schaltungstechnik gewinnen. Die Aufzählung der drei Besonderheiten der Gabor-Röhrenschaltung dürfte einstweilen alles sein, was in Richtung auf diese Farbfernseh-Empfängertechnik derzeit bekannt ist.

Literatur

[1] Neidhardt, P.: Informationsinhalt und Frequenzbandbreite des Chrominanzsignals im Farbfernsehverfahren mit einem Zwischenträger. Nachrichtentechnik Nr. 12 (1956).

[2] Neidhardt, P.: Modulationsprobleme der Schmalband-Farbfernsehtechnik. Elektronische Rundschau Nr. 3 (1956) S. 63 bis 68.

[3] Mayer, N.: Farbfernsehen nach dem NTSC-Verfahren. Farbmetrische Grundlagen. Elektronische Rundschau Nr. 1 (1957).

[4] Neidhardt, P.: Die technische Lösung von Problemen der Farbfernsehtechnik. RADIO UND FERNSEHEN Nr. 3 (1955) S. 76 bis 79.

[5] Bornemann, I.: Neue Entwicklungstendenzen bei Farbfernseh-Bildröhren. RADIO UND FERNSEHEN Nr. 14 (1957) S. 433 bis 435

[6] Barnett, Bingley, Parsons, Pratt und Sadowsky: A Beam-Indexing Color Picture Tube- The Apple-Tube. Proc. IRE., Sept. 1956, S. 1115 bis 1119.

[7] IRE. Convention Record, 1956 National Convention, part 3: Electron Devices and Receivers; Session 37: Color Television Receivers, S. 89 bis 128.

[8] Clapp, Creamer, Moulton, Partin und Bryan: A New Beam-Indexing Color Television Display System. Proc. IRE, Sept. 1956, S. 1108 bis 1114.

[9] Bloomsburgh, Boothroyd, Fedde und Moore: Current Status of Apple Receiver Circuits and Components. Proc. IRE, Sept. 1956, S. 1120 bis 1124.

[10] Single-beam Colour Tube. Wireless World, Jan. 1957, S. 2.

[11] Clapp, Clark, Howitt, Beste, Sanford und Farber: Color Television Receiver Design — A Review of Current Practice. Proc. IRE, März 1956, S. 297 bis 320.

[12] Babits, V. A.: Improvements in Colour Television Receivers. Journal of the Television Society, Vol. 8 (1956) Nr. 1, S. 17 bis 22.

[13] Tonndorf, R.: Neue Farbfernseh-Bildröhre mit Zwillingselektronenstrahl. Elektronische Rundschau Nr. 1 (1956) S. 23 bis 24.

[14] USA-Patent 745.322 (Improvements in or relating to Colour Television Systems), v. 26. Nov. 1953.

[15] USA-Patent 748.060 (Matrixing Apparatus for a Color-Television System), v. 18. 4. 1956.

[16] Deutsches Bundespatent 959.467 (Farbfernseh-Empfänger), v. 24. 11. 1953.

[17] Österreichische Patentschrift 181.298 (Farbfernseh-Empfänger), v. 10. 3. 1955.

[18] Österreichische Patentschrift 182.430 (Farbfernseh-Empfänger), v. 25. 6. 1955.

[19] Flat Tube for Colour TV. Wireless World Dez. 1956, S. 570 bis 572.

[20] Flache Fernseh-Bildröhren, Funk-Technik Nr. 2 (1957) S. 57 bis 58.

[21] Die flache Fernseh-Bildröhre. Funkschau Nr. 1 (1957) S. 5 bis 6.

[22] Flache Bildröhre für das Farbfernsehen. RADIO UND FERNSEHEN Nr. 6 (1957) S. 167 bis 169.

[23] Osborne, B. W.: Chrominance Circuits for Colour Television Receivers. Part. 1: Electronic Engineering, Juni 1956, S. 240 bis 246. Part. 2: Electronic Engineering, Juli 1956, S. 293 bis 297.

[24] Richman, Donald: Directions of Improvement in NTSC Color Television Systems. Proc. IRE, Sept. 1956, S. 1125 bis 1139.

Eine neue Röhre für die Videoendstufe im Fernseher

Von Telefunken, Siemens und Valvo wurden jetzt die Daten einer neuen Verbundröhre für die Bestückung der Videoendstufe bekanntgegeben. Der besondere Vorteil der neuen Röhre PCL 84 gegenüber anderen an dieser Stelle bisher benutzten Röhren ist die getrennte Herausführung der Katoden für das Trioden- bzw. Pentodensystem, da dadurch mehr Schaltungsvarianten ermöglicht werden.

Als Videoröhre dient das Pentodensystem der PCL 84; das freie Triodensystem läßt sich beliebig in der Schaltung verwenden: Zweckmäßig ist der Einsatz dieses Systems als getastete Schwundregelröhre. In der nebenstehenden Tabelle sind die Daten der PCL 84 angegeben.

$U_f = 15$ V, $I_f = 0,3$ A

	Triodensystem		Pentodensystem			
U_a	200	V	170	200	220	V
I_a	3	mA	18	18	18	mA
U_{g1}	—1,7	V	—2,1	—2,9	—3,4	V
U_{g2}	—		170	200	220	V
I_{g2}	—		3,1	3,1	3,1	mA
S	4	mA/V	11	10,4	10	mA/V
μ	65		—	—	—	
R_j	—		100	130	150	kΩ
	Kapazitäten					
c_{g1}	4	pF		9		pF
c_a	2,5	pF		4,5		pF
$c_{a/g1}$	2,7	pF		<0,1		pF

Zweite Durchführungsbestimmung*) zur Verordnung über den Amateurfunk Vom 15. März 1957

Auf Grund des § 10 der Verordnung vom 6. Februar 1953 über den Amateurfunk (GBL. S. 302) wird folgendes bestimmt:

Inhaber von Amateurfunkgenehmigungen einschließlich Mitbenutzer können jederzeit bei anderen vom Ministerium für Post- und Fernmeldewesen abgenommenen Amateurfunkstellen ohne besonderen Antrag mitarbeiten. Der Inhaber der jeweiligen Amateurfunkstelle trägt gemäß § 15 der Ersten Durchführungsbestimmung die volle Verantwortung.

Zeitweilige Standortveränderungen bzw. Portable-Betrieb von Amateurfunkstellen gemäß § 5 Abs. 1 der Ersten Durchführungsbestimmung können im gesamten Raume der Deutschen Demokratischen Republik ohne besonderen Antrag durchgeführt werden. Dem Rufzeichen der Amateurfunkstelle ist in diesen Fällen der Zusatz „p" anzuhängen. Außerdem ist beim Verkehr der Standort wiederholt anzugeben.

(1) Der internationale Amateurfunkschlüssel und die international gebräuchlichen Abkürzungen gelten als offene Sprache.

(2) Außer den Mitteilungen technischer und betrieblicher Art über die Versuche selbst einschließlich Funkbetriebsübungen können auch Bemerkungen persönlicher Art ausgetauscht werden, für die wegen ihrer geringen Wichtigkeit die Übermittlung im öffentlichen Fernmeldeverkehr nicht in Betracht kommen würde.

(3) Die QSL-Karten (Verkehrsbestätigungen) können dem Funkpartner sowohl über die Gesellschaft für Sport und Technik als auch unmittelbar zugeleitet werden.

Der Funkamateur kann jederzeit vorübergehend unter Belassung der Genehmigungsurkunde den Betrieb seiner Funkstelle einstellen. Bei Unterbrechungen über drei Monate hinaus ist dem Ministerium für Post- und Fernmeldewesen Mitteilung zu machen.

(1) Bei Genehmigungen nach Klasse 1 gemäß § 4 Abs. 1, Buchst. a der Ersten Durchführungsbestimmung können bei den dem Amateurfunk zugeteilten Frequenzbereichen

3500 kHz bis 3800 kHz
7000 kHz bis 7100 kHz
14000 kHz bis 14350 kHz
21000 kHz bis 21450 kHz
28000 kHz bis 29700 kHz

auch die Sendearten A 3 a und F 1 bis F 3 benutzt werden. Ferner kann noch auf besonderen Antrag der Frequenzbereich

420 MHz bis 440 MHz

mit den Sendearten A 1 bis A 5 sowie F 1 bis F 5 und auf besonderen Antrag Sendearten für Impulsmodulation zugeteilt werden. Da im Bereich 420 MHz bis 440 MHz der Flugnavigationsfunkdienst das Vorrecht hat, darf der Amateurfunkdienst diesen Bereich nur unter der Bedingung benutzen, daß er keine Störungen des Flugnavigationsfunkdienstes verursacht:

(2) Bei Genehmigungen nach Klasse 2 gemäß § 4 Abs. 1 Buchst. b der Ersten Durchführungsbestimmung können im Frequenzbereich von

3500 kHz bis 3800 kHz

auch die Sendearten A 3 und F 3 vorgesehen werden.

Inhabern von Genehmigungsurkunden der Klasse 1 kann das Ministerium für Post- und Fernmeldewesen für Anodenverlustleistung von Fall zu Fall höhere Werte als 50 Watt zubilligen, wenn es sich um besonders befähigte Funkamateure handelt.

Änderungen innerhalb der Amateurfunkstelle, die sich auf Veränderung der Senderschaltungen und der Antennenarten beziehen, können ohne Einholung einer Genehmigung vorgenommen werden.

¹) 1. DB (GBl. 1953, S. 303).

INGE BORNEMANN

Neue Entwicklungstendenzen bei Farbfernseh-Bildröhren

Die heutige Situation auf dem Gebiet der Farbfernsehentwicklung ist dadurch gekennzeichnet, daß das Problem der endgültigen Wahl der Farbfernseh-Wiedergaberöhre noch nicht restlos gelöst ist, während andere Teile der Farbfernsehkette als in ihrer Entwicklung weiter fortgeschritten gekennzeichnet werden können. Die Frage nach der endgültigen Typenwahl der Farbbildröhren ist noch nicht geklärt, obwohl die sogenannte Maskenröhre bereits im Großeinsatz erprobt wurde. Am Anfang der Entwicklung wurden neben der Maskenröhre auch die verschiedensten Patente älteren Datums geprüft. Diese Röhren wiesen im allgemeinen Leuchtstoffe in streifenförmiger Anordnung auf dem Schirm auf, haben aber ein technologisch schwierig zu lösendes Problem nicht vollkommen meistern können, nämlich die Anordnung der gespannten Gitterdrähte und die Beherrschung ihrer elektrostatischen Anziehungskräfte. Die Entwicklungsarbeiten dazu wurden in verhältnismäßig früher Zeit durchgeführt, schon in den dreißiger Jahren. Dennoch ist ihre Entwicklung heute noch nicht als abgeschlossen zu betrachten. Im vorliegenden Beitrag sollen zwei neue Entwicklungsarbeiten behandelt werden, und zwar die Apple-tube und die Gabor-Röhre. Über die letztere wurde in Nr. 6 (1957), S. 167 eine Übersetzung veröffentlicht, und hier soll zu den dort erwähnten Eigenschaften und Schwierigkeiten ihrer Herstellung kritisch Stellung genommen werden. Ferner soll auf die wichtigsten Merkmale und Unterschiede zur sogenannten Maskenröhre eingegangen werden. In einer anderen Arbeit im vorliegenden Heft [1] wird ein weiteres für die Bildröhre und ihre Wiedergabequalität ausschlaggebendes Problem behandelt, und zwar die Schaltungstechnik.

Arbeitsprinzip der Apple-tube

Die Arbeitsweise und Konstruktion der Farbbildröhre vom Maskentyp kann auf Grund voraufgegangener Veröffentlichungen als bekannt angesehen werden. Im ersten Abschnitt der vorliegenden Arbeit soll daher auf einen weiteren Farbbildröhrentyp, nämlich die Apple-tube eingegangen werden. Diese Röhre wird in einem speziellen Schaltungssystem eingesetzt, das im einzelnen im Beitrag auf S. 430 beschrieben wird. Zu diesem System muß bemerkt werden, daß dort ausschließlich eine Apple-tube benutzt werden kann, also die Verwendung einer Maskenröhre oder beispielsweise einer Gabor-Röhre nicht möglich ist. Es gibt verschiedene Varianten innerhalb der Apple-tube-Entwicklung, jedoch soll hier nicht auf die Einzelheiten der mehr oder weniger großen Unterschiede eingegangen, sondern als Beispiel nur ein Typ der Entwicklung herausgegriffen und an Hand dieser Beschreibung das System und der Aufbau erläutert werden.

Die Schirmanordnung (Bild 1) zeichnet sich dadurch aus, daß der Leuchtstoff in Streifen aufgebracht wird, wie das frühere Patente bereits vorschlugen, jedoch nicht in horizontaler, sondern in vertikaler Anordnung. Die Streifen Rot, Grün und Blau grenzen nicht unmittelbar aneinander, sondern werden durch sogenannte Isolierstreifen voneinander getrennt, die die gleiche Breite wie die Streifen der Luminophore haben. Diese Isolierstreifen bestehen aus einem nicht lumineszierenden dunklen Material und dienen dazu, eine saubere Begrenzung der Leuchtstoffstreifen zu erzielen. Außerdem wird durch sie bei normalem Lichteinfall ein erhöhter Kontrast bedingt und die Helligkeit der Luminophore gesteigert. Der Schirm wird in der beschriebenen Anordnung außerdem aluminisiert und mit einer Lackschicht bedeckt, um das Aluminium vom Magnesiumoxyd der Spurstreifen zu isolieren. Es werden nämlich ferner Streifen aus Magnesiumoxyd aufgebracht, die einen verhältnismäßig hohen Sekundäremissionsfaktor haben. Die Differenz des Sekundäremissionsfaktors der reinen Aluminiumschicht und des sogenannten Indexmaterials wird zur Strahlsteuerung in einer weiter unten beschriebenen Weise benutzt. Jedem Triplet, zu dem je ein Streifen Rot, Grün und Blau gehört, ist ein solcher Spur- oder Indexstreifen zugeordnet. Die durch das Triplet eingenommene Fläche wird zu 40% von dem Magnesiumoxyd des Indexstreifens belegt; die restliche Fläche wird von der Aluminisierung allein bedeckt. Auf einer 53-cm-Röhre sind ungefähr 300 Triplets vorhanden, d. h. 300 rote, 300 grüne und 300 blaue senkrechte Streifen und 3×300 schwarze Streifen (bei einer Streifenbreite von 0,25 mm).

Der breitere MgO-Streifen befindet sich stets hinter einem bestimmten Farbstreifen, beispielsweise hinter Grün. Wird dann dieser grüne Farbstreifen vom Elektronenstrahl getroffen, so entsteht ein erhöhter Sekundäremissionsstrom, der ständig von dem Kollektor, der auf einem gegenüber dem Schirm um 3 kV erhöhten Potential liegt, abgesaugt wird. So wird es möglich, daß die Röhre selbst ein Signal über die jeweilige Lage des Elektronenstrahls an die Empfänger-Schaltungskreise gibt. Auf Grund der konstanten Schreibgeschwindigkeit ist bekannt, wann sich der Strahl anschließend nach Grün auf Blau und Rot befindet. Er kann infolgedessen entsprechend helligkeitsmoduliert werden.

Ist der Bildinhalt schwarz oder besteht er aus einer Farbe, die keinen grünen Anteil enthält, so würde die geschilderte Anzeige versagen. Aus diesem Grunde ist dem eigentlichen Schreibstrahl ein sogenannter Spurstrahl zugeordnet, der sich stets mit dem Schreibstrahl auf dem gleichen Farbstreifen befindet und nur die Aufgabe hat, das entsprechende Kontrollsignal hervorzurufen. Der Spurstrahl ist mit einer Frequenz moduliert, die oberhalb der Bildträger- und Farbträgerfrequenz liegt, und bildet einen sehr niedrigen Strahlstrom. Da beide — Spurstrahl und Schreibstrahl — gleichzeitig den Sekundäremissionsstreifen treffen, mußte dafür gesorgt werden, daß beide Signale verhältnismäßig leicht zu trennen sind.

Beide Strahlen stammen aus einem Katodensystem. Sie werden jedoch durch zwei verschiedene Gitter gesteuert und durch zwei Linsensysteme gebündelt. Damit der Spurstrahl die Lage des Schreibstrahls ständig anzeigen kann, müssen beide Strahlen aus einem System in möglichst geringer Entfernung austreten; der Abstand der beiden Katodenöffnungen beträgt daher nur 0,7 mm. Ein besonderes Problem bei der Konstruktion des Elektronenstrahlsystems dieser Röhre besteht darin, zu erreichen, daß die beiden Elektronenstrahlen bei dem sehr geringen Schreibabstand nicht aufeinander einwirken und sich nicht gegenseitig beeinflussen, d. h., daß nicht die Intensität des einen auf die des anderen überspricht. Durch eine geeignete Abschirmung unmittelbar über dem Gitter (Bild 2) konnte diese Gefahr beseitigt werden. Da die Strahlen stets eine definierte Lage zueinander haben müssen, wird das Elektronenstrahlsystem so entworfen, daß beide Strahlen — Schreib- und Spurstrahl — sehr dicht nebeneinander entstehen. Sie kreuzen sich im Ablenkzentrum. Die Kreuzung beider Strahlen im Ablenkzentrum wird durch eine Feldlinse erreicht, die durch die Konvergenzelektrode gebildet wird. Diese Linse biegt beide Strahlen leicht zueinander.

Es gibt noch eine Reihe anderer wichtiger Konstruktionseinzelheiten, die den Fleckdurchmesser selbst bei hohen Strahlströmen klein halten. Dazu gehört ein kleiner Gitter-Katodenabstand. Das Übersprechen zwischen den Strahlen wird durch eine Abschirmungskonvergenzelektrode vermieden, die eine einfache statische Abschirmung zwischen den beiden Strahlen in dem Bereich oberhalb der Gitteröffnungen darstellt.

Die bisher fabrizierten Farbbildröhren vom Apple-tube-Typ bestehen aus einer Triodenanordnung mit magnetischer Fokussierung. Aus zwei Gründen wurde die magnetische Fokussierung der elektrischen vorgezogen. Vergleicht man die Wirkung einer magnetischen und einer elektrischen Fokussierung für einen bestimmten Röhrenhalsdurchmesser, so stellt sich heraus, daß bei der magnetischen Fokussierung ein größerer Linsendurchmesser benutzt werden kann. Der Strahldurchmesser ist bei beiden Fokussierungssystemen gleich, jedoch kann bei der magnetischen Fokussierung, d. h. bei einer größeren Linse, mit einem geringeren Aberrationsfehler gerechnet werden. Ein weiterer Grund zur Wahl der magnetischen Fokussierung liegt in der Möglichkeit, eventuell auftretenden Röhrenfehlern, die durch den Zusammenbau des Systems entstanden sind, leichter dadurch zu begegnen, daß die Spulenpaare, die außen auf den Kolbenhals aufgeschoben werden, auch dann noch zugänglich sind, wenn die Röhre bereits abgeschmolzen ist.

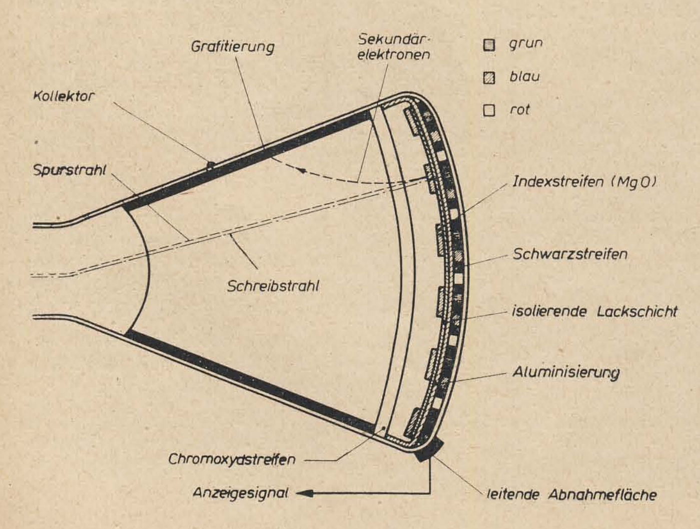
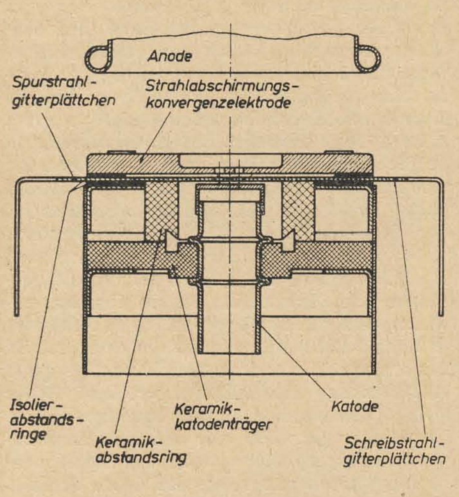


Bild 1: Schematische Darstellung der Apple-tube, Horizontalschnitt. Der Chromoxydstreifen dient zur Trennung von Schirm- und Kollektorpotential

Hinsichtlich des Durchmessers der beiden Elektronenstrahlen ist folgendes zu sagen: Während die Abmessungen des Spurstrahls praktisch uninteressant sind (er kann verhältnismäßig stark in seiner Größe variieren), muß der Schreibstrahl eine sehr gute Bündelung aufweisen, da er nicht breiter sein darf als die Linie eines Leuchtstoffstreifens. Der Fleckdurchmesser des Schreibstrahls ist hauptsächlich von der Größe und Abmessung des ersten Cross-over, also der Ausbildung des Brennpunkts der Elektronenstrahlen abhängig. Arbeiten am elektrolytischen Trog zeigten den Einfluß der Elektrodenabmessungen und -anordnungen auf die Form und Größe des Cross-over, und es ergab sich, daß sowohl der Durchmesser als auch die Stromdichte desselben stark von der Elektrodenabmessung und dem an den Elektroden herrschenden Potential abhängig sind. Die Untersuchungen zeigten aber, daß es nicht notwendig ist, einen übertrieben kleinen Durchmesser des Cross-over zu fordern. Um den geforderten Cross-over mit dem entsprechenden Durchmesser zu erzeugen, müssen verschiedene Voraussetzungen erfüllt werden. Es muß nämlich, wie bereits erwähnt, ein außerordentlich geringer Katoden-Gitterabstand und eine sehr kleine Gitteröffnung gewählt werden, und das Gitter darf selbst nur sehr dünn sein. Man hat eine bestimmte Technologie entwickelt, um diese extrem geringen Katoden-Gitterabstände zu ermöglichen. Der Gitterblendendurchmesser für den Schreibstrahl beträgt 0,5 mm, die Sperrspannung 150 V. Die Daten für den Spurstrahl sind: Gitterblendendurchmesser 0,35 mm, Sperrspannung etwa 50 V. Die Gitteröffnung ist trotz Verwendung starken Materials durch eine Ansenkung von beiden Seiten verhältnismäßig dünn, d. h., die zylindrische Länge beträgt größenordnungsmäßig nur ungefähr $^1/_{1000}$ mm.



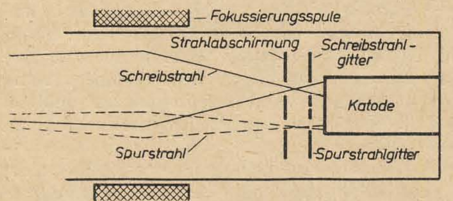


Bild 2: Anordnung des Elektronenstrahlsystems der Apple-tube

Die Anordnung der Farbstreifen auf dem Schirm kann beispielsweise auf fotochemischem Wege erfolgen. Es wird eine lichtempfindliche Schicht (Polyvinylalkohol oder ähnliches, sensibilisiert mit Kaliumbichromat) zusammen mit dem Leuchtstoff aufgetragen. Zur Belichtung dieser fotoempfindlichen Schicht werden eine Lichtquelle und ein Linsensystem verwendet, das die Strahlanordnung in der späteren Röhre möglichst exakt nachahmt. Bezüglich der Lichtquelle bestehen zwei zum Teil einander widersprechende Forderungen. Ihre Ausdehnung soll einmal möglichst punktförmig sein, andererseits wird eine extrem hohe Leuchtdichte gewünscht, um die Belichtungszeiten klein halten zu können. Beide Forderungen werden von den modernen Edelgas- oder auch von Quecksilber-Höchstdrucklampen erfüllt. In diesen Lampen brennt ein Lichtbogen in einer Edelgas- oder Quecksilberdampfatmosphäre von hohem Druck. Man weiß heute, daß das Spektrum dieser Lampen um so kontinuierlicher ist, je größer der Gasdruck in diesen Lampen ist. Auch die Leuchtdichte nimmt mit dem Gasdruck zu. Mit diesen Lampen erreicht man trotz der relativen Unempfindlichkeit des bichromatsensibilisierten Polyvinylalkohols diskutable Belichtungszeiten. Die Frage der Belichtungszeit ist naturgemäß für die Produktion solcher Röhren von großer Wichtigkeit. Zur Schirmherstellung wird der Kolbenboden mit einer dünnen Schicht des Polyvinylalkohols überzogen, die dann durch eine Führungsschablone hindurch belichtet wird. Der belichtete Film wird mit einer Leuchtstoffaufschlämmung bedeckt und der Schirm getrocknet. Danach erfolgt das Entwickeln, d. h., die unbelichteten Stellen des Polyvinylalkohols werden fortgewaschen und dabei an diesen Stellen auch der den Polyvinylalkohol bedeckende Leuchtstoff. Nur an den Stellen bleibt Leuchtstoff zurück, wo sich die belichteten Polyvinylalkoholstreifen befinden. Diese halten den Leuchtstoff fest, da durch das Belichten eine Härtung erfolgt ist.

Die Schablone in Form eines Linienrasters wird als Belichtungsvorlage benutzt und bedingt das Entstehen von Leuchtstoffstreifen auf der Schirmfläche.

Dieser hier beschriebene neue Farbbildröhrentyp unterscheidet sich wesentlich im Aufbau und im System von der bisher hauptsächlich bekannten Farbbildröhre, der Dreistrahl-Maskenröhre. Es soll aber noch auf ein drittes verhältnismäßig neues und aussichtsreiches System einer Farbbildröhre eingegangen werden, und zwar auf das der Gabor-Röhre.

Arbeitsprinzip der Gabor-Röhre

Die Gabor-Röhre unterscheidet sich äußerlich stark von den anderen erwähnten Farbbildröhrentypen, der Maskenröhre und der Apple-tube. Es handelt sich bei ihr um eine Flachröhre mit einem rechteckigen Bildschirm, z. B. 53 cm Diagonale, bei der die Tiefe senkrecht zum Schirm nur etwa 11,5 cm beträgt und der Röhrenhals ganz fortfällt. Sie wurde im Heft 6 (1957) S. 167 bis 169 in einer Übersetzung eingehend beschrieben, und den Ausführungen dieses Beitrags soll die dortige Beschreibung zugrunde liegen, um Vergleiche mit den beiden anderen aktuellen Farbbildröhren-Systemen anstellen zu können. Es sei nochmals darauf hingewiesen, daß sich das System in dem flachen Glaskolben in senkrechter Lage hinter der Bildfläche befindet und der Strahlengang durch eine elektrische Umkehroptik nach oben umgelenkt sowie schließlich durch einen magnetischen Kollimator in eine senkrechte Aufwärtsbewegung gebracht wird (siehe Bild 3).

In der Schnittdarstellung erkennt man drei Katoden, aus denen drei Elektronenstrahlen austreten, die die erste und zweite Anode passieren und durch ein Fokussierungssystem hindurch in die letzte Anode, die eigentliche Beschleunigungsanode, gelangen. Anschließend müssen die Strahlen eine statische Ablenkeinrichtung passieren. Diese Ablenkeinrichtung betrifft jedoch nur die Zeilenablenkung. Es sind ferner zwei Korrekturplatten (Trimmerplatten) vorhanden, die die Ablenkfehler kompensieren. Das elektrostatische Umkehrlinsensystem, das bereits erwähnt wurde, lenkt die Strahlen schließlich nach oben zurück. Ein magnetischer Kollimator sorgt dabei für eine genau senkrecht nach oben verlaufende Strahlenrichtung.

Bei den normalen Fernsehröhren wie auch bei der Apple-tube und der Maskenröhre ist ein besonderer Schaltungsteil notwendig, um den senkrechten Bildkipp zu erreichen. Bei der Gabor-Röhre erzeugt die Röhre selbst den senkrechten Bildkipp, und es bedarf nur einer Synchronisation. Zwischen dem Elektronenstrahlsystem und dem Bildschirm befindet sich eine magnetische Abschirmplatte, und vor dieser, also zwischen ihr und der Bildfläche, verläuft die Elektronenbahn senkrecht nach oben, wodurch eine bestimmte Anordnung, einen sogenannten Rasterzaun, in einer bestimmten Höhe eine Umlenkung horizontal auf den Bildschirm zu erfolgt. Dieser Rasterzaun besteht aus etwa 120 metallischen horizontalen Streifen, die auf eine dünne Unterlage aus Isolierstoff aufgedruckt worden sind. Die Wirkung dieses Rasterzauns auf die Elektronenstrahlen kann etwa mit der eines Schlitzverschlusses einer Kamera auf Lichtstrahlen verglichen werden. Bei diesem elektrischen Rasterzaun bewegt sich ein streifenförmiges Potentialminimum mit Bildfrequenz langsam von oben nach unten. Der Rücklauf desselben erfolgt schnell von unten nach oben, und zwar wird er durch eine besondere Ausbildung der Seiten dieser Streifen hervorgerufen.

Die Gabor-Röhre weist nun in bezug auf das Zustandekommen der eigentlichen Farbwiedergabe eine gewisse Ähnlichkeit mit der Maskenröhre auf. Sie verwendet ebenfalls eine Lochmaske, jedoch handelt es sich bei den Öffnungen nicht um runde, sondern um schmale rechteckige Löcher. Auffallend ist der bedeutend geringere Abstand zwischen der Maske und dem Bildschirm bei der Gabor-Röhre, so daß es möglich ist, diese Maske direkt auf den Bildschirm zu montieren. Die Schirmherstellung erfolgt auf einem anderen Weg als bei der Maskenröhre und der Apple-tube, nicht durch ein fotochemisches Verfahren, sondern durch ein verhältnismäßig unkompliziertes Aufsprühen des Leuchtstoffs, und zwar zu einem Zeitpunkt, wo sich die Maske bereits vor dem Schirm befindet. Das Aufbringen der drei Leuchtstoffkomponenten auf den Schirm erfolgt dadurch, daß durch die Lochmaske hindurchgesprüht wird, jedoch unter verschiedenen Winkeln für die verschiedenen Komponenten.

Überblick über die technologischen Schwierigkeiten der drei bekanntesten Farbbildröhrensysteme

Die Farbbildröhrenentwicklung steht in allen Ländern, die sich mit der Farbfernsehtechnik befassen, vor der Wahl, eines oder mehrere dieser hier beschriebenen Bildröhrensysteme technisch bis zur Fertigung zu realisieren. Jedes der drei Systeme besitzt Vorteile, die Ursache sein könnten, sich dafür zu entscheiden. Andererseits sind besonders bei der Gabor-Röhre und der Apple-tube technisch recht schwierige Verfahren erforderlich, über die praktisch bisher wenig bekannt ist. Auch die Maskenröhre ist nicht frei von der Notwendigkeit, spezielle technologische Verfahren für ihre Herstellung zu entwickeln.

Es mag zweckmäßig sein, an dieser Stelle einmal einen Überblick über die technologischen Schwierigkeiten der einzelnen Farbbildröhrensysteme zu geben, nachdem der Aufbau und die Wirkungsweise der Systeme jetzt als bekannt vorausgesetzt werden können.

Maskenröhre

1. Realisierung der genauen geometrischen Anordnung der Leuchtstoffpunkte auf dem Schirm, Herstellung entsprechender Negative mit extrem hohen Punktziffern.
2. Durchführung eines fotochemischen Verfahrens, mit dessen Hilfe eine solche Anordnung ausschließlich zu erreichen ist.
3. Herstellung der Maske bei guter Qualität der Ausbildung der Maskenlöcher und Gewährleistung der benötigten geometrischen Abmessungen.

Bild 3: Schnitt durch die Gabor-Röhre

4. Zusammenbau des Schirms mit der Maske bei Einhaltung einer großen Montagegenauigkeit.
5. Nachbildung der Elektronenbahn durch Lichtstrahlen zum Zwecke der Schirmherstellung.
6. Exakter Zusammenbau des Elektronenstrahlsystems und des Schirm-Masken-Komplexes.
7. Entwicklung eines elektronenoptischen Dreistrahlsystems ohne Übersprecheffekte.

Apple-tube

Die Apple-tube ist leider keineswegs einfacher in ihrer Herstellungstechnologie, obgleich sie verschiedene Probleme der Maskenröhre nicht kennt. Dafür wiegen ihre herstellungsmäßigen Schwierigkeiten z. T. wesentlich schwerer und bieten, ganz abgesehen von der für den Betrieb dieser Röhre erforderlichen eigenen Schaltungstechnik, andere Probleme. Diese sind:

1. Anordnung der Farbdrillinge, der Schwarzstreifen und der Indexstreifen auf der Schirmfläche, Aufbringen einer isolierenden Lackschicht über der Aluminisierung und Gewährleistung einer sehr unterschiedlichen Sekundärelektronen-Ausbeute zwischen Indexstreifen und Umgebung (siehe Bild 1).
2. Herstellung der Farbstreifen mit Hilfe einer Schablone und eines Projektionssystems durch den Kolbenhals hindurch.
3. Aufbringen der Sekundäremissionsstreifen nach der Aluminisierung mittels einer besonderen Führungsschablone nach oben beschriebenem Verfahren.
4. Entwicklung eines speziellen Zwillings-Elektronenstrahlsystems, in dem zwei Elektronenstrahlen verschiedener Eigenschaften (Spurstrahl und Schreibstrahl) unmittelbar nebeneinander entstehen (siehe Bild 2).

Gabor-Röhre

Die Betrachtung der aufgezählten Herstellungsschwierigkeiten kann den Schwierigkeitsgrad nicht nach der Zahl der genannten Gesichtspunkte beurteilen. Auch die Gabor-Röhre, die technologisch wohl die schwierigste Konstruktion darstellt, ist hierfür ein Beispiel. Bei ihr bieten sich folgende Probleme:

1. Aufbau dreier Katodenanordnungen zur Erzeugung sehr benachbarter Elektronenstrahlen, die mit einer gemeinsamen Anode und einer gemeinsamen Ablenkeinheit arbeiten.
2. Entwicklung und Montage einer dreiteiligen elektrischen Umkehroptik (siehe Bild 3).
3. Entwicklung eines magnetischen Kollimators.
4. Herstellung des Rasterzauns durch ein Druckverfahren bei Benutzung eines hochisolierenden Trägermaterials für den Zaun.
5. Herstellung der benötigten Schlitzlochmaske durch ein (z. B. fotochemisches) Ätzverfahren nach erfolgter Montage auf dem Schirm.
6. Ausarbeitung einer besonderen Glastechnik. Ein absolut flacher Kolbenboden ist bei diesem Röhrentyp notwendig. Bei einer Röhre mit 53 cm Durchmesser wäre, um dem auftretenden Druck standzuhalten, eine Glasdicke von etwa 25 mm erforderlich. Durch eine geeignete Glastechnologie muß diese Wandstärke herabgesetzt werden, um den optischen Anforderungen zu genügen.

Zusammenfassung und Perspektiven

Die vorstehend genannten Schwierigkeiten der Technologie bei der Bildröhrenherstellung sind nicht allein ausschlaggebend bei der Beurteilung des brauchbarsten Röhrensystems. Vielmehr müssen mit diesen Schwierigkeiten zusammen die des Schaltungsaufbaus betrachtet werden, da beide Probleme nicht voneinander zu trennen sind. In einem gesonderten Beitrag von Dr. Neidhardt auf Seite 426 wird auf diese eingegangen. Der Stand der Farbbildröhrenentwicklung ist, wie aus dem Vorstehenden zu erkennen sein mag, nicht der eines in seiner Problematik abgeschlossenen Arbeitsgebiets. Auch die Bildröhrenentwickler der Deutschen Demokratischen Republik haben in diesem Zusammenhang ihren Beitrag zu der Aufgabe zu leisten, und es scheint, als kristallisiere sich dabei letzten Endes als einfachste Bildröhre doch die Maskenröhre heraus. Wesentlich mehr als sonst auf dem Gebiet der Bildröhren wirken bei den Farbbildröhren andere bekannte Techniken auf Herstellungsverfahren und Qualität des Erzeugnisses ein. Schon die Ausrüstung der Entwicklungslabors ist verschieden gegenüber den Labors für Oszillografen- und Schwarz-Weiß-Bildröhren. Auch die fachlichen Voraussetzungen, die an das Entwicklungspersonal gestellt werden müssen, sind schwerwiegender, ein Grund mehr, interessierte Techniker und Ingenieure durch geeignete Beiträge, die in den Fachzeitschriften veröffentlicht werden, an diese neuen Aufgaben heranzuführen.

Literatur

[1] Neidhardt, P. Dr.: ,,Entwicklungstendenzen der Farbfernseh-Empfängertechnik", RADIO UND FERNSEHEN Nr. 14 (1957) S. 426.

[2] Colgate, H.R.: ,,How the apple tube works", Radio-Electronics, January 1957, S. 40 bis 42.

[3] ,,Flat Tube for Colour TV", Wireless World, December 1956, S. 570 bis 572.

[4] Barnett, G. F.: ,,A Beam-Indexing Color Pictur Tube-the Apple Tube", Proceedings of the I.R.E., Sept. 1956, S. 1115 bis 1119.

[5] Clapp, R. G.: ,,A New Beam-Indexing Color Television Display System", Proceedings of the I.R.E., Sept. 1956, S. 1108 bis 1114.

Wandeinbau-Radio?

Der Verband westamerikanischer Radioingenieure, dem 3160 Diplomingenieure und Ingenieure, ferner 7140 Radiomechaniker angehören, führte in San Franzisko seine Jahreshauptversammlung durch. Der Konstrukteur William Omish und der Dipl.-Ing. Flop Gaiters vertraten den Standpunkt, daß das ,,transportable Gerät" nicht mehr genügend Entwicklungschancen biete. Gaiters sagte: ,,Ein Haus ohne Radio und Fernsehen ist heute fast unvorstellbar. Begeben wir uns daher auf das Gebiet der Radioinstallation und bauen wir künftig in alle Häuser stationäre Geräte ein".

Von 9380 westamerikanischen Radiohändlern, die zum Problem des neuartigen Einbaugerätes Stellung nahmen, hat sich die absolute Mehrheit bereit erklärt, das Wandeinbau-Radio zu fördern.

Der Zentralvorstand westamerikanischer Bauunternehmer und Grundbesitzer ist auf der Tagung an die Radioindustrie der USA herangetreten und hat ihr empfohlen, noch in diesem Jahr mehrere Gerätetypen für den Wandeinbau und als ,,Radiotresor" zu entwerfen.

Die Apparate sollen künftig gänzlich in der Wand verschwinden und mit Tapeten- oder Edelholzjalousien verdeckt werden. Die technische Wartung der Wandeinbauapparate soll in der Miete bzw. dem Baupreis bereits inbegriffen sein. Die Frage, ob die wandisolierte stationäre, unter Putz oder Holzverschalung verlegte Antenne dauerhafter und besser richtbar ist als die bisherigen bis zur technischen Vollkommenheit entwickelten Radio- und Fernsehantennen, blieb in San Franzisko — und sicher nicht nur dort — ein Streitfall.

Nachrichten und Kurzberichte

▼ **Der Lehrstuhl** für Elektroakustik an der Hochschule für Elektrotechnik Ilmenau ist von Prof. Dipl.-Ing. Werner Kutzsche besetzt, der im Februar d. J. vom Staatssekretariat für Hochschulwesen mit Wirkung vom 1. 1. 57 zum Professor mit Lehrauftrag ernannt und vom Minister für Schwermaschinenbau berufen wurde. Prof. Dipl.-Ing. Kutzsche ist gleichzeitig Direktor des Instituts für Elektroakustik an dieser Hochschule.

▼ **Gute Handelsabschlüsse** erzielte das Außenhandelsunternehmen Elektrotechnik, Feinmechanik und Optik der DDR auf der 46. Pariser Messe. Besonderes Interesse wurde den modernen Rundfunkgeräten entgegengebracht.

▼ **Bei den Neuwahlen** in der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin sind Akademiemitglied Prof. Dr. Hans Frühauf zum Vizepräsidenten und Akademiemitglied Prof. Dr. Günther Rienäcker zum Generalsekretär der Akademie gewählt und vom Stellvertreter des Vorsitzenden des Ministerrats Fritz Selbmann bestätigt worden. Prof. Dr. Hans Frühauf übernahm zugleich den Vorsitz im Vorstand der Forschungsgemeinschaft der naturwissenschaftlichen, technischen und medizinischen Institute der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin, dem zur Durchführung seiner Aufgaben das wissenschaftliche Sekretariat zur Verfügung steht, zu dessen Leiter Dr. Hans Wittbrodt berufen wurde.

▼ **Zum Obmann** des Ausschusses „Akustische Messungen" im DNA wurde Dipl.-Ing. Hermann Stier, Betriebslaboratorium für Rundfunk und Fernsehen (BRF), Berlin, auf der Januar-Tagung des Ausschusses in Göttingen nach dem Ausscheiden von Dr. Kösters gewählt.

Prämienregelung für Betriebe mit unselbständigen Forschungs- und Entwicklungsstellen mit vorwiegend zentraler Aufgabenstellung im Ministerium für Allgemeinen Maschinenbau

Als Ergänzung zu den im Gesetzblatt Nr. 36, Teil I, vom 15. 5. 1957 veröffentlichten gesetzlichen Grundlagen für Zuführung und Verwendung zum Betriebsprämienfonds sowie den Kultur- und Sozialfonds hat Minister Wunderlich für alle volkseigenen und ihnen gleichgestellten Betriebe seines Ministeriums nähere Anordnungen erlassen.

Entsprechend § 24 (4) der Verordnung hat der Minister auf Vorschlag der HV-Leiter für Betriebe mit unselbständigen Forschungs- und Entwicklungsstellen, die überwiegend zentrale Forschungsaufgaben durchführen, eine Ausnahmeregelung bestätigt. In diesen Betrieben wird — unabhängig von der Erfüllung des Planes Forschung und Entwicklung — einem gesonderten Betriebsprämienfonds ein Betrag in Höhe von 5% für die Forschungs- und Entwicklungsabteilungen geplanten Lohnfonds zugeführt. Dieser Prämienfonds wird entsprechend dem Entwicklungsgrad der Themen im Rahmen des Leistungsprinzips verwendet. Die alte Prämienregelung ist seit dem 1. 4. 1957 außer Kraft.

Umstellung der DDR-Fernsehsender am 15. 8. 1957 abgeschlossen

Nach der Frequenzumstellung des Fernsehsenders Dresden in der Zeit vom 5. bis 15. August d. J. arbeiten alle Fernsehsender der DDR mit einem Bild-Ton-Abstand von 5,5 MHz entsprechend der CCIR-Norm. Die neue Frequenz für den Dresdener Sender ist vorläufig mit 145,25 MHz (Bild) und 150,75 MHz (Ton) festgelegt.

Fernsehobjekt Schwerin vor der Vollendung

Wie das Ministerium für Post- und Fernmeldewesen der DDR mitteilt, wird noch in diesem Jahre ein weiterer Fernsehsender in der DDR im Band III seinen Betrieb aufnehmen. Sein Standort befindet sich in der Nähe des Ortsteiles Zippendorf der Bezirkshauptstadt Schwerin. Das Betriebsgebäude ist fast fertiggestellt, so daß mit der Sendermontage in Kürze begonnen werden kann. Als Antennenträger befindet sich ein etwa 260 m hoher Stahlrohrmast im Bau, seine jetzige Bauhöhe hat etwa 170 m erreicht. Die Antenne wird als horizontal polarisierter Rundstrahler ausgelegt, wodurch flächenmäßig die günstigste Versorgung des Bezirkes Schwerin und der bisher von den Sendern Marlow und Helpterberg nicht versorgten Gebiete der Bezirke Rostock und Schwerin erreicht werden kann. Als Modulationszubringer für Bild und Ton dient für die nächste Zeit die Dezimeter-Nordstrecke, die bisher nur die Fernsehsender Helpterberg und Marlow mit Ton- und Bildmodulation versorgte und für die Inbetriebnahme des Senders Schwerin um zwei Funkfelder erweitert wird.

Vorbereitungen für das Fernsehen in der Volksrepublik China

Der von sowjetischen Ingenieuren für das Pekinger Fernsehzentrum projektierte 400 m hohe Sendemast soll aus Stahlrohr von 4 m Durchmesser errichtet werden und im Innenraum neben den Antennenkabeln zwei Schnelllifte und eine Treppe aufnehmen. In 195 m Höhe ist eine kältefeste Kabine für technische Ausrüstungen sowie eine verglaste Rundblickgalerie für etwa 100 Besucher vorgesehen. Auf dem Mast sollen die Antennen für zwei Schwarz-Weiß-Fernsehsender, einen Farbfernsehsender und einen UKW-Rundfunksender untergebracht werden.

Etwas über das Fernsehen in Schweden

Einem Korrespondentenbericht des „Handelsblattes" vom 8. 6. 1957 zufolge rechnet das Untersuchungsinstitut der schwedischen Industrie in fünf Jahren mit einem Anstieg des Absatzes von Fernsehern auf insgesamt 500 000. Gegenwärtig wird diese Zahl mit 45 000 angegeben. Das erst im Aufbau befindliche Sendernetz soll in fünf Jahren etwa 63% der Bevölkerung mit Fernsehen versorgen, wobei die Hälfte aller Teilnehmer auf das Gebiet von Groß-Stockholm entfallen dürfte.

Da es in Schweden nur wenige Groß- und Mittelbetriebe der Rundfunkindustrie gibt, wird man nach wie vor auf bedeutende Importe angewiesen sein. Der bedeutendste Importeur für Rundfunk- und Fernsehgeräte ist zur Zeit die Deutsche Bundesrepublik mit 25% des Einfuhrwertes, als ihr stärkster Konkurrent tritt Holland auf.

Aus der Röhren- und Empfängertechnik

Das „Magische Band" EM 84 für Rundfunkempfänger

Die von Lorenz entwickelte EM 840, ein sogenanntes „Magisches Band", das speziell als Aussteuerungsmesser für Tonbandgeräte, als Spannungsanzeiger und dergl. gedacht war, kommt jetzt auch für die Abstimmanzeige in Rundfunkgeräten als EM 84, ebenfalls in Novaltechnik, auf den Markt. Das Leuchtbild dieser Röhren besteht aus zwei parallel zur Kolbenachse auf einer Geraden liegenden Leuchtbändern, deren Länge sich mit der anzuzeigenden Spannung ändert. Der für das Magische Band verwendete Zinkoxydleuchtstoff leuchtet in einem hellen blau-grünen Farbton mit einem relativ hohen Anteil an weißem Licht. Dadurch ist es möglich, für besondere Zwecke mit Farbfiltern oder transparenten Lackierungen verschiedenartige Farbeffekte zu erzielen. Der erweiterte Aussteuerbereich gestattet sowohl ferne, nur schwach einfallende Sender als auch den kräftig einfallenden Ortssender mit gleicher Genauigkeit einzustellen.

Aus fünf Bausteinen — überwiegend als gedruckte Schaltungen ausgeführt —, die jeder für sich eine Einheit bilden und getrennt vom Empfänger angeschaltet und geprüft werden können, besteht der neue Telefunken-Fernseher „Visomat 43 T". Für den Betrachter sichtbar ist nur der Ein- und Ausschalter, alle anderen Bedienungsknöpfe sind unter einer Platte an der Gehäuseoberseite untergebracht.

Interessantes aus der amerikanischen Industrie und Forschung

Germaniumgleichrichter für Fernsehempfänger-Netzteile

wurden von der General Electric entwickelt. Da bei Germaniumbauelementen keine Alterungserscheinungen auftreten, können die Gleichrichter während ihrer ganzen Lebensdauer mit voller Leistung betrieben werden. Die für snap-in-Montage entwickelten Fernsehgleichrichter sind durch einen extrem niedrigen Spannungsabfall in Flußrichtung gekennzeichnet, was die Lieferung einer sehr hohen Gleichstromleistung ermöglicht.

Entwickelt wurden bisher zwei Einweggleichrichter 1 N 573 und 1 N 575 für 250 bzw. 350 mA Gleichstrom. Der Typ 1 N 581 besteht aus zwei Germaniumgleichrichtern in Spannungsverdopplerschaltung für 250 mA. Der Spannungsabfall in Flußrichtung ist mit 0,15 bzw. 0,3 V bei Zweiweggleichrichtung angegeben. Die max. Sperrspannung für alle drei Typen ist 380 V. Sie erfordern einen Ladekondensator von 100 ... 300 μF.

Eine 1-MW-Rundfunksenderöhre,

Typ 5831, wurde von der RCA entwickelt. Die im Mittelwellen-Rundfunkband arbeitende Röhre kann bei gleicher Anodenspannung sogar mit noch höheren Leistungen betrieben werden.

Aus „Electronics", März 1957.

Unsichtbare Antenne?

Die Möglichkeit der Anwendung einer unsichtbaren Antenne wurde von der Western Electric bekanntgegeben. Sie soll keine Masten und Verspannungen haben und überall aufgerichtet werden können. Man will dabei die Tatsache ausnutzen, daß eine elektrisch geladene Luftsäule Wellen auffängt und die Schwingungen wie ein Metallstab weiterleitet. Man erzeugt ionisierte Luft, indem man Luft mit Röntgenstrahlen oder radioaktiven Elementen, wie Uran 235 oder Radium, bestrahlt. Dazu wäre allerdings eine komplizierte Anlage erforderlich, die eine Verwirklichung dieses Projektes auch wegen der radioaktiven Strahlung vorläufig noch nicht erwarten läßt.

Chlorophyll — ein Halbleiter?

Dr. William Arnold und Dr. Helen K. Sherwood von der Oak Ridge National Laboratory's biology division wiesen kürzlich darauf hin, daß Chloroplasten (Chlorophyll enthaltende, lebende Gebilde der Pflanzenzelle, die hier aus Tabak, Spinat und Rüben ausgewaschen wurden) sich wie Halbleiter verhalten. Getrocknete Chloroplasten und Suspensionen von Grünalgen leuchten wie anorganische Kristalle, sobald Licht auf sie fällt. Beim Erhitzen ändert sich ihr elektrischer Widerstand, was, ähnlich wie bei Halbleitern, auf das Freiwerden von Elektronen zurückgeführt werden kann. Die beiden Wissenschaftler vertreten die Ansicht, daß bei einem endgültigen Beweis ihrer Annahme die bereits unternommenen ersten Schritte in der Fotosynthese einiger Revisionen bedürfen.

Radio Electronics, Mai 1957.

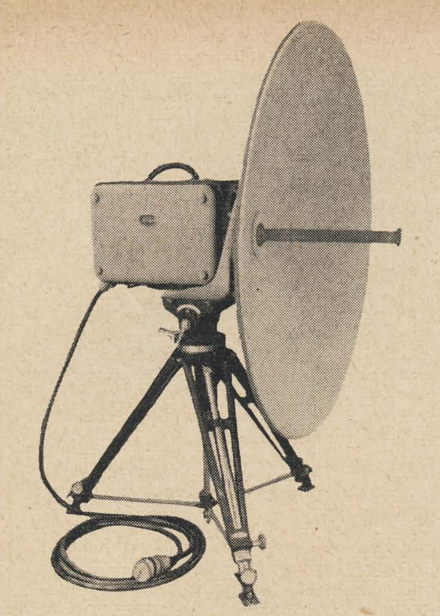


Bild 1: HF-Teil und Parabolantenne der KTR-1000-Anlage

Die Raytheon-Richtfunkstrecken KTR-100 und KTR-1000

Von der Raytheon Manufacturing Company, Waltham (USA), werden seit einigen Jahren transportable Richtfunkgeräte gebaut, die sich speziell für den Fernsehzubringerdienst eignen (vom Reportagewagen zum nächsten Relaispunkt einer Dezistrecke). Die folgenden Angaben entnehmen wir aus Druckschriften der Firma.

KTR-100 und KTR-1000 sind die Typenbezeichnungen der zwei Geräte, die sich hauptsächlich durch ihre Senderleistung und damit durch die überbrückbare Entfernung unterscheiden. Das KTR-100 hat einen Output von 100 mW (Dauerstrichleistung, da frequenzmoduliert), das KTR-1000 von 1 W. Die Zusammenstellung einiger technischer Daten bringen wir am Schluß dieser Beschreibung. Mit der KTR-1000-Anlage kann unter einwandfreier optischer Sicht mit Sicherheit eine Entfernung von 50 Meilen (80 km) und darüber überbrückt werden, die KTR-100-Anlage hat eine Reichweite von etwa 25 Meilen (40 km) bei einem Video-Nutz-Rausch-Verhältnis von 40 dB und einem Ton-Nutz-Rausch-Verhältnis von etwa 55 dB.

Ein kompletter Satz des KTR-1000 besteht aus nur vier handlichen und leichten Einheiten. In kofferähnlichen Aluminiumgehäusen enthalten diese die Senderkontrolleinheit, den HF-Senderteil, den HF-Empfängerteil und die Empfängerkontrolleinheit. Ferner gehören zur Ausrüstung Parabolstrahler mit Durchmessern von 2, 4 und 6 Fuß (etwa 0,6, 1,2 und 1,8 m), Antennenzuleitungen (Hohlrohrleiter) für horizontale und vertikale Polarisation, Kamerastative und Schwenkköpfe, genormte Kameraverbindungskabel usw.

Die Sender- und Empfangsteile der KTR-1000-Geräte sind in den Blockschaltbildern (Bild 2 und Bild 3) dargestellt. Die Trennungslinie zwischen den Kontroll- und HF-Einheiten soll die Unterbringung der Einstellorgane und sonstigen Bestandteile in den je zwei Koffern veranschaulichen. Die Sender- und Empfangsgeräte der KTR-1000-Reihe sind ihrer Funktion nach denen der KTR-100-Reihe ähnlich, jedoch hat die KTR-1000-Anlage, wie bereits erwähnt, eine um 10 dB höhere Senderausgangsleistung.

Sendeseitig gelangt das Bildsignal über eine Anodenbasisstufe in der Senderkontrolleinheit über das entsprechende Verbindungskabel zu dem HF-Senderteil. Hier wird es in einem dreistufigen Videoverstärker spannungsmäßig verstärkt (bei KTR-1000 auf etwa 3 V_{ss}). Dieses Signal wird nun auf den Reflektor des Klystrons gegeben, wo die Spannungsschwankungen entsprechende Frequenzänderungen (Frequenzhub) hervorrufen.

Die konstante Senderfrequenz wird durch Temperatur- und Spannungsregelung des Sendeklystrons erreicht. Zu diesem Zweck ist das Klystron in einem Thermostaten untergebracht, dessen Temperatur durch automatische Steuerung der Gebläsemotordrehzahl gleichgehalten wird.

Innerhalb des jeweils durch Auswechseln der Klystroneinheit und des frequenzbestimmenden Hohlraumauskopplungskreises festgelegten Frequenzbereiches kann die Frequenz kontinuierlich verändert werden. Der Eichhohlraumkreis ist mit Hilfe einer Eichtabelle auf ± 0,25 MHz genau einzustellen. Dann wird das Klystron auf diese Frequenz nachgezogen, wobei die Kontrolle der Resonanz zwischen Klystronfrequenz und Hohlraumfrequenz mit Hilfe der Messung des Richtstroms einer in der Antennenhohlleiter eingekoppelten Kristalldiode geschieht. Der abstimmbare Eichhohlraum ist innerhalb eines Temperaturbereiches von —30° bis +50° C auf ± 0,5 MHz genau.

Der Klystronoszillator im Empfänger schwingt um 130 MHz niedriger als der im Sender. Die Zwischenfrequenz von 130 MHz gelangt von der Mischdiode über eine neutralisierte Kaskodeeingangsstufe auf den zehnstufigen ZF-Verstärker, worauf sich zwei Begrenzerstufen anschließen, die eine Diskriminatorverstärkerstufe speisen. In einem speziellen Diskriminator mit zwei Pentoden und zwei Dioden wird die ZF demoduliert. Eine auf drei ZF-Stufen wirkende automatische Verstärkungsregelung (AGC) hält die Spannung am ZF-Ausgang zwischen 1 und 5 V konstant.

Als Meß- und Kontrolleinrichtung ist in der Senderkontrolleinheit des KTR-1000 ein Sägezahngenerator vorgesehen, dessen Ausgangssignal zur Abstimmung des Empfängers, zur Prüfung der Linearität und zur Einstellung des Frequenzhubes dienen kann. Die automatische Scharfabstimmungsschaltung (AFC) kann ebenfalls einwandfrei mit Hilfe dieses Signals überprüft werden, so daß kein Bildsignal benötigt wird. Die automatische Scharfabstimmung wird vom Spitzenwert der Zeilensynchronimpulse über drei Röhren gesteuert. Damit ist sie unabhängig vom Bildinhalt und funktioniert selbst dann noch, wenn die Verstimmung des Senders bis zu 22 MHz beträgt.

Weiterhin ist eine Einrichtung vorhanden, die auf Rauschen anspricht und die

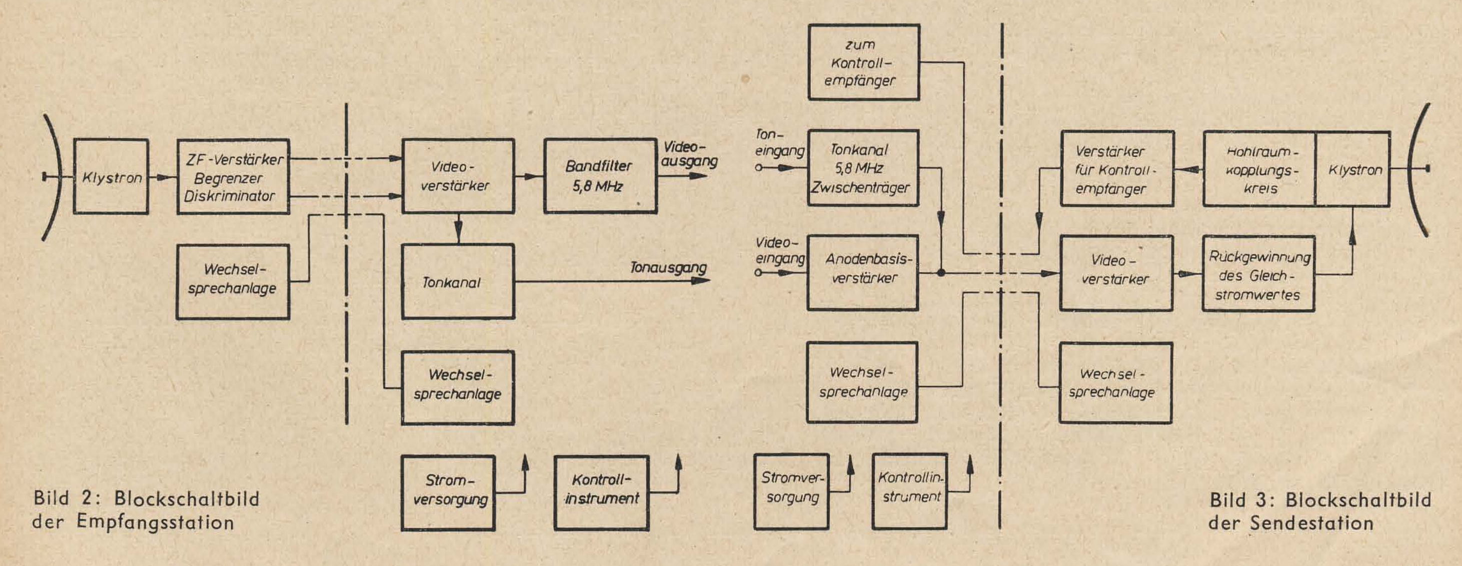


Bild 2: Blockschaltbild der Empfangsstation

Bild 3: Blockschaltbild der Sendestation

AFC abschaltet, wenn kein Bildsignal vorhanden ist. Es wäre sonst möglich, daß die AFC den Oszillator so weit verstimmt, daß sie bei ankommendem Signal nicht mehr in der Lage wäre, den Oszillator auf die richtige Frequenz zu ziehen.

Die Tonfrequenzübertragung vom Sender zum Empfänger geschieht über einen 5,8-MHz-Zwischenträger. Beide Systeme gestatten die Übertragung einer Bildinformation mit einer Auflösung von 600 Zeilen oder von etwa 450 bis 500 Zeilen bei gleichzeitiger Tonübertragung. Ein in der Empfängerkontrolleinheit vorhandener Schalter dient zum Ein- und Ausschalten eines Filters, das bei gleichzeitiger Tonübertragung den 5,8-MHz-Zwischenträger sicher von der Bildinformation trennt. Weiterhin sind Sprechverbindungen zwischen den Kontrolleinheiten und den HF-Teilen vorgesehen. Die leichte Bedienbarkeit und Wartungsmöglichkeit ist aus den Bildern 4 und 5 zu erkennen, die den Sender-HF-Teil und die Sonderkontrolleinheit mit abgenommenen Verschlußdeckeln zeigen. Im Falle des Einsatzes der Geräte für stationären Betrieb kann die Steuereinheit aus dem Koffer herausgenommen und auf genormten Fernmeldegestellen montiert werden.

Ein HF-Teil und die zugehörige Kontrolleinheit können mit Hilfe von bis zu 200 Fuß (etwa 60 m) langen Kabeln für Farbfernsehübertragungen und bis zu 500 Fuß (etwa 150 m) langen Kabeln für Schwarz-Weiß-Übertragungen verbunden werden. Eine einstellbare Entzerrerschaltung ist für den Ausgleich verschiedener Kabellängen vorgesehen. In den Empfängern wird das Bildsignal zwischen HF-Teil und Kontrollgerät symmetrisch übertragen, um Einstreuung von Störungen in die Videoleitung zu vermeiden. Die Geräuschzahl der KTR-1000-Anlage konnte kleiner als 15 dB gehalten werden. Im Empfänger der KTR-1000-Anlage besteht die Möglichkeit eines Phasenabgleichs, wodurch ein Ausgleich bei Alterungserscheinungen von Röhren und anderen Bauelementen möglich ist.

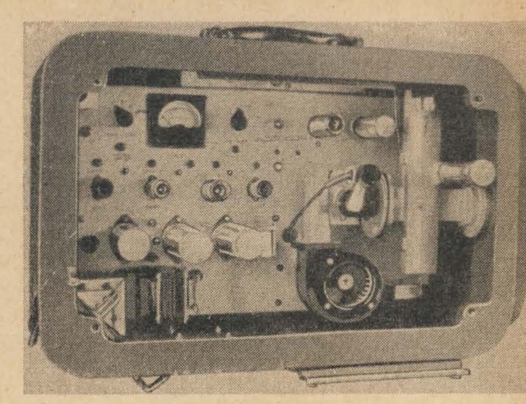


Bild 4: HF-Teil des KTR-1000-Senders in geöffnetem Zustand (Klystrongehäuse abgenommen)

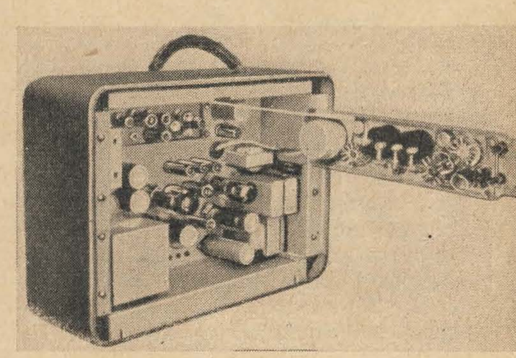


Bild 5: Sendekontrolleinheit des KTR-1000, geöffnet

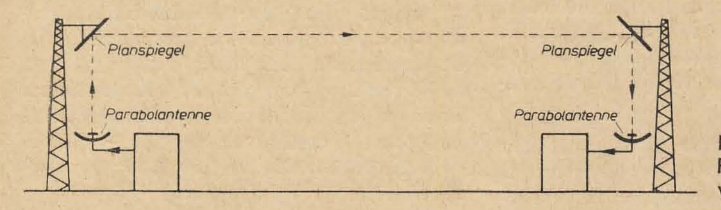


Bild 6: Prinzip der Anwendung von passiven Strahlern

Technische Daten der KTR-1000-Anlage

Geräuschzahl: 15 dB
Phasengang: ± 1° } innerhalb einer Bandbreite
Verstärkungsgang: ± 0,5 dB } von 5 MHz

Sender

Frequenzbereiche:
KTR-1000 A: 6875 ··· 7125 MHz (4,36 ··· 4,21 cm)
KTR-1000 E: 5925 ··· 6425 MHz (5,06 ··· 4,66 cm)
HF-Ausgangsleistung: 1 W
Klystronfrequenzkonstanz: ± 0,05%
Strombedarf: 300 W, Wechselstrom 50/60 Hz
Röhren der Steuereinheit: 2 × 5R4GY, 2 × 6AS7, 4 × OA2, OB2, 2 × 12AX7, 6J6, 6AH6, 6U8, 2 × 6CB6, 6AL5
Röhren des HF-Teiles: 2 × 6AU6, 12BY7, 6AL6, 6U8, VA 200 C (für KTR-1000 A) bzw. VA 220 E oder F (für KTR-1000 E)
Videoeingang: Impedanz 75 Ω, Pegel 1,4 V_{ss}
Toneingang: Impedanzen 500 ··· 600, 333, 200 ··· 250, 125 ··· 150, 50 Ω (symmetrisch oder unsymmetrisch) Pegel: —5 dB
Preemphasis: 75 µs
Abmessungen und Gewichte:
Kontrolleinheit 53 × 41 × 23 cm; 23 kg
HF-Teil 58 × 36 × 28 cm, 18 kg

Empfänger

Frequenzbereiche: siehe Sender
ZF (Bandmittenfrequenz): 130 MHz
Klystronfrequenzkonstanz: ± 0,05 %
Bildkanal: Ausgangsimpedanz 75 Ω, Ausgangspegel 1 V_{ss}
Tonkanal: Ausgangsimpedanz 500 ··· 600 Ω (symmetrisch oder unsymmetrisch)
Ausgangspegel: + 11 dB
Frequenzgang: + 0—3 dB zwischen 50 und 15000 Hz
Verzerrungen: ≦ 1,25 % zwischen 100 und 750000 Hz
≦ 1,5 % zwischen 50 und 100 Hz sowie 7500 und 15000 Hz

Rauschabstand: ≦ 60 dB bezogen auf Nennausgangssignal
Strombedarf: 220 W, Wechselstrom 50/60 Hz

Abmessungen und Gewichte:
Kontrolleinheit: 53 × 41 × 23 cm: 20 kg
HF-Teil: 58 × 36 × 28 cm; 28 kg
Röhren der Steuereinheit: 6AS7, 6AU6, 2 × 6X4, 3 × OA2, 6J6, 6AK5, 2 × 6AN5, 2 × 6AH6, 6BN6, 12AU7, 2 × 6AS6
Röhren des HF-Teiles: 6BQ7A, 13 × 6AK5, 2 × 6AS6, 12AT7, 6J6, 12AX7, 5976 (für KTR-1000 A) oder QK 461 (für KTR-1000 E)

Zubehör

Parabolantennen:
0,6 m ∅ entspr. 29 dB Antennengewinn }
1,2 m ∅ entspr. 37 dB Antennengewinn } (bei 7000 MHz)
1,8 m ∅ entspr. 39,5 dB Antennengewinn }
Antennenzuführungen: horizontal oder vertikal polarisiert
Kabel zwischen Kontrolleinheit und HF-Teil: 6, 15, 30 und 60 m Länge
Dreifüße, Neigungsköpfe, Sockelbefestigungen, passive Strahler, Gestelleinbauplatten usw.

Mit Hilfe der passiven Strahler kann der Einsatz der Richtfunkgeräte auf hohen Türmen erfolgen (siehe Bild 6)

Frequenzen der KTR-1000-Geräte

Typ	Frequenzband und Anwendung	Klystron
KTR-100 A	6575 ··· 6875 MHz	5976
	6875 ··· 7050 MHz	
	7050 ··· 7125 MHz	
	7125 ··· 7200 MHz	
KTR-100 E	5925 ··· 6425 MHz	QK 461
KTR-100 F	12700 ··· 13200 MHz	QK 448

Dr. UDO KÜHN

Ein Beitrag zur Kenntnis der Ausbreitungsbedingungen in den Bändern I, II, III und IV

Zeitliche und örtliche Feldstärkeveränderlichkeit

Für die Beurteilung des Versorgungsgebietes eines UKW-Rundfunk- oder Fernsehsenders kann man nicht die Ausbreitung der Wellen über einer homogenen glatten Erdoberfläche zugrunde legen, sondern es muß auf die in der Natur herrschenden Verhältnisse und Gegebenheiten Bezug genommen werden. Das bedeutet, daß man in ausführlicher Weise sämtliche Beeinflussungen, denen das elektromagnetische Feld im Gelände unterliegen kann, untersucht und feststellt, welche Einflüsse in bestimmter und für eine besondere Geländeart typische Weise vertreten sind. Es ist bekannt, daß die Größe des elektromagnetischen Feldes an einem bestimmten Empfangsort eine Funktion der Zeit und des Ortes ist. Die Abhängigkeit der Feldgröße von der Zeit ist bedingt durch die dauernden Veränderungen des Ausbreitungsmediums, der Troposphäre, und durch die Senderentfernung. Diese zeitlichen Schwankungen nehmen mit wachsender Entfernung vom Sender im allgemeinen zu, erreichen in einer mittleren Entfernung von etwa 150 bis 250 km ihre höchsten Werte und nehmen offensichtlich in größeren Entfernungen wieder etwas ab. Will man die Zeitfunktion der Feldstärke untersuchen, so ist es zweckmäßig, an einem möglichst störungsfreien Ort eine Empfangsanlage aufzubauen, mit der über einen mehr oder weniger großen Zeitraum hinweg Registrierungen vorgenommen werden können. Somit kann ein Ausscheiden der örtlichen Schwankungen beim Untersuchen der Zeitfunktion sehr leicht erreicht werden. Der umgekehrte Fall, die örtliche Schwankung der Feldstärke zu erfassen, ohne gleichzeitig zeitliche Änderungen mit zu messen, kann nur in der Form durchgeführt werden, daß die Untersuchungen in solchen Entfernungen vom Sender aus geschehen, in denen die zeitliche Schwankung noch nicht nachweisbar ist oder gegenüber den örtlichen Veränderungen vernachlässigt werden kann. Es ist daher unmöglich, z. B. unter Benutzung eines 300 km entfernten Senders die Ortsfunktion der Feldstärke zu untersuchen.

Die örtliche Streuung

Genauso wie der zeitlichen Schwankung der Empfangsfeldstärken für die Planung von Fernseh- und UKW-Rundfunknetzen eine große Bedeutung zukommt, ist der Geländeeinfluß auf das elektromagnetische Feld bei Versorgungsermittlungen einzubeziehen. Es hat sich als zweckmäßig erwiesen, zwischen einer großräumigen und einer kleinräumigen Ortsstreuung zu unterscheiden. Während die großräumige Streuung in erster Linie den Geländeeinfluß widerspiegelt, erfaßt die kleinräumige die Feldstärkeveränderlichkeit in unmittelbarer Nähe eines Meßpunktes. Die Beeinflussung der Feldstärke im Gelände ist so mannigfaltig, daß nur eine statistische Erfassung der Effekte sinnvoll ist. Unzweckmäßig ist es, eine punktförmige Messung der Feldstärken im Gelände durchzuführen, soweit es sich nicht um wirklich repräsentative Meßpunkte in hindernisfreier Umgebung handelt. Aus diesem Grunde sollten Feldstärkemessungen im Gelände ausschließlich vom fahrenden Meßwagen aus erfolgen. Dabei verwendet man zweckmäßig eine Registriereinrichtung, deren Registrierpapiervorschub durch eine Welle mit dem Getriebe oder der Wagenachse gekoppelt ist. Man erreicht auf diese Weise eine einwandfreie Synchronisierung des Meßstreifens mit dem Gelände auch bei verschiedenen Geschwindigkeiten des Meßwagens. Die Antenne der mobilen Empfangsanordnung wird je nach den auf dem entsprechenden Meßprofil vorhandenen Möglichkeiten mehr oder weniger weit ausgefahren, wobei man im allgemeinen Antennenhöhen von drei bis vier Metern über Grund erreichen kann.

Es wurden eine größere Zahl derartiger Feldstärkeprofile bei verschiedenen Frequenzen gemessen. Über die dabei erzielten Ergebnisse soll an Hand einzelner ausgewählter Profile kurz berichtet werden. Bei allen Messungen ist ausschließlich das oben beschriebene Verfahren der kontinuierlichen Messung im Gelände verwendet worden.

Statistische Auswertemethoden des Feldverlaufs im Gelände

Bei der Auswertung der Registrierungen wird zunächst die Feldstärkekurve über dem entsprechenden Geländeschnitt des Registrierprofils aufgetragen. Die Feldabnahme mit der Entfernung weist je nach Geländeart mehr oder weniger große Schwankungen auf. Diese Feldänderungen gehen meist synchron mit den Geländeänderungen, und man kann schon aus der Kenntnis des Geländes nach Sammlung einiger Erfahrungen eine ungefähre Aussage über den Schwankungscharakter der Feldstärke machen. Um nun einen Überblick über die Größe der örtlichen Streuung als statistisches Maß zu erhalten, wird zunächst einmal durch Ausplanimetrieren kleinerer Streckenabschnitte auf der Registrierkurve der mittlere Feldstärkewert für einen bestimmten Geländestreifen festgestellt. Aus diesen Mittelwerten erhält man für einzelne Streckenabschnitte eine Feldabnahmekurve für das gesamte Geländeprofil. Zu dieser mittleren Feldabnahmekurve werden einzelne parallele Kurven in Abständen von ein oder zwei dB gezeichnet und die Prozente der Orte ermittelt, an denen die gemessene Feldstärkekurve die zu der Mittelkurve parallelen Kurven überschreitet. Man erhält damit für verschiedene Abstände von der Mittelwertskurve die Prozente all der Orte, an denen die Feldstärkekurve eine bestimmte Abweichung vom mittleren Feldstärkewert überschritten hat. Trägt man diese Prozente über der Feldstärkeabweichung von der Mittelwertskurve in Wahrscheinlichkeitspapier auf, so wird sich in all den Fällen, in denen eine rein statistische Streuung der Feldstärken im Gelände vorliegt, eine Gerade ergeben, d. h., es herrscht eine Normalverteilung vor. In der Mehrzahl der Fälle handelt es sich aber nicht um eine rein statistische Verteilung, weshalb entsprechende mehr oder weniger große Abweichungen von einer Geraden vorhanden sein werden.

Es hat sich gezeigt, daß dieses Verfahren der Auswertung einer Registrierstrecke am zuverlässigsten eine Auskunft über die auf dieser Strecke herrschenden Feldstärkeschwankungen gibt. Man hat sich geeinigt, beim Erfassen der Feldstärkestreuung sowohl bei Angaben der zeitlichen als auch der örtlichen Variationen Werte für 1, 10, 50, 90 und 99% der Zeit oder der Orte anzugeben. Die Feldstärkekurven, die in Abhängigkeit von der Entfernung aufgestellt worden sind, werden meist für 50% der Zeit und 50% der Orte oder für 50% der Orte und 10 bzw. 1% der Zeit angegeben. Man kann aus der Lage dieser drei Kurven zueinander die zeitliche Streuung zwischen 50 und 10 oder zwischen 50 und 1% aller Werte ermitteln. In analoger Weise werden auch zur Erfassung der Ortsstreuung unter Voraussetzung einer Feldstärke ohne zeitliche Schwankungen die Feldstärkevariationen zwischen dem 50%-Wert und den Spitzenwerten nach beiden Seiten dieser Kurve hin angegeben. Der Vorteil dieses Auswerteverfahrens liegt darin, daß man mittels der in Wahrscheinlichkeitspapier eingetragenen Kurve direkt die Streuung der Feldstärken im Gelände ablesen kann. Mit zunehmender Frequenz wird dabei wegen der gleichfalls zunehmenden Ortsstreuung die immer schwieriger werdende Versorgung eines bergigen Geländes aus einer derartigen Häufigkeitsverteilung sehr leicht ersichtlich.

Die Abhängigkeit der Feldstärkestreuung von der Geländeart

Bei der verschiedenartigen Geländegestaltung im Gebiet der DDR werden sich selbstverständlich auch die unterschiedlichsten Streuwerte der Feldstärken im Gelände ergeben. Es lassen sich aber, nach den bisher durchgeführten Messungen zu urteilen, bestimmte Gebiete mit einer weitgehend einheitlichen Streuung zusammenfassen. So beträgt die Feldstärkestreuung zwischen dem 50- und dem 1-%-Wert im flachen oder leicht hügeligen Gelände 8 dB, in leicht bergigem 11 dB, in bergigem 18 dB. Diese Angaben beziehen sich jedoch ausschließlich auf Messungen, die von uns im UKW-Rundfunkband durchgeführt worden sind [1, 2]. Es erscheint nun von besonderem Interesse zu wissen, inwieweit außer diesen örtlichen Streuungen in verschiedenen

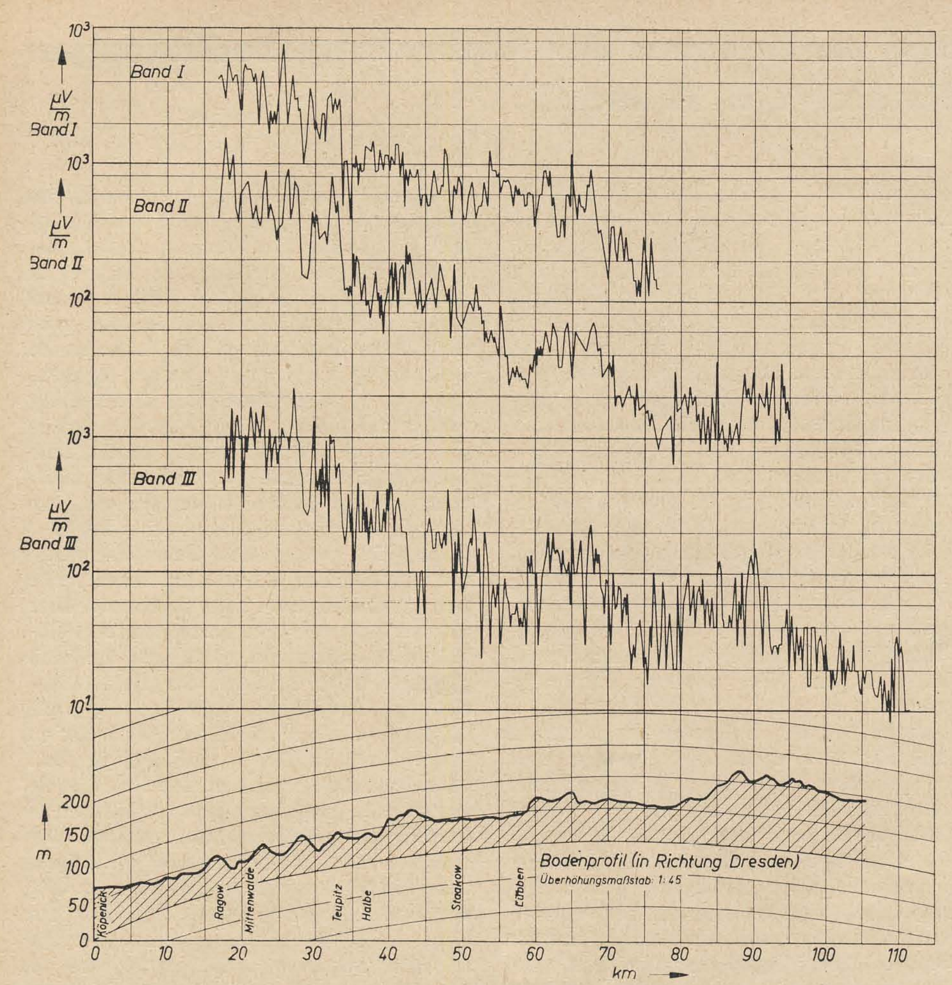


Bild 1: Vergleichsregistrierung in den Bändern I, II und III auf der Autobahn Berliner Ring—Dresden

Geländearten die örtlichen Streuungen frequenzabhängig sind. Daß eine solche Frequenzabhängigkeit vorhanden ist, war schon sehr früh erkannt worden. Man hatte sogar früher angenommen, daß sich ultrakurze und Dezimeterwellen im Gegensatz zu Lang- und Mittelwellen nur bis zum optischen Horizont hin ausbreiten würden, eine Ansicht, die man sehr bald revidieren mußte.

Für die praktischen Zwecke der Rundfunk- und Fernsehversorgung stehen jedoch neben der Ausbreitung über größere Entfernungen besonders die verschiedenartigen Ausbreitungsbedingungen innerhalb des Versorgungsbereiches eines Senders in Abhängigkeit von der Geländegestaltung im Vordergrund. Je nach Frequenz werden in Abhängigkeit von Geländegestaltung und Hinderniseffekten die verschiedensten Verhältnisse herrschen. Neben den im Ausland und in Westdeutschland gefundenen Ergebnissen geben einige im Gebiet der DDR von uns vorgenommene Messungen einen Überblick über die dabei auftretenden Verhältnisse.

Die großräumige Feldstärkestreuung in den Bändern I, II und III

Zur Durchführung eines exakten Vergleiches muß man die Ausbreitungsbedingungen entlang gleicher Profile bei verschiedenen Frequenzen untersuchen. Das Beispiel einer derartigen Registrierung entlang der Autobahn Berliner Ring — Dresden zeigt Bild 1.

Vergleicht man die drei Feldstärkekurven miteinander, so fällt zunächst auf, daß eine eindeutige Geländeabhängigkeit der Feldstärke vorhanden ist. Es wirken sich die im Geländeprofil aufgezeichneten, meist nur sehr flachen Erhebungen oft feldstärkeerhöhend aus, während sich hinter den Hindernissen Feldstärkeeinbrüche finden. Man erkennt daneben, obwohl das Gelände keine größeren Unregelmäßigkeiten zeigt, daß doch eine recht beachtliche Feldstärkeschwankung festgestellt werden kann. Außerdem fällt die in den verschiedenen Frequenzbereichen unterschiedliche Streuung auf.

Wertet man die Feldstärkekurven nach dem vorher bereits beschriebenen Verfahren aus und trägt die Ergebnisse in Wahrscheinlichkeitspapier auf, so ergeben sich die im Bild 2 gezeigten Häufigkeitskurven.

Aus den statistischen Verteilungen ergeben sich folgende Streuungen:

Band I 7,5 dB,
Band II 8,7 dB,
Band III 10,0 dB.

Danach nimmt die Feldstärkestreuung mit wachsender Frequenz zu, wie auch zu erwarten war. Es ist offensichtlich, daß sich diese Ergebnisse nicht verallgemeinern lassen, sondern durch umfangreiche Messungen aus anderen Gebieten und über anderen Profilen ergänzt werden müssen, bevor eine Aussage über die für eine bestimmte Geländeart typische Streuung gemacht werden kann. Es zeigte sich aber aus einer Vielzahl von uns aufgenommener Registrierungen, daß die Größe der Streuung bei anderen Frequenzen auf gleichen Profilen verschiedentlich je nach Geländeart von den hier mitgeteilten Werten abweicht. Es ist auch nicht zu erwarten, daß auf andersartigen Profilen die Unterschiede in den Ausbreitungsbedingungen in den einzelnen Frequenzbändern völlig gleichartig erscheinen.

Die großräumige Feldstärkestreuung in den Bändern I, II, III und IV

Neben der Notwendigkeit, von den Ausbreitungsbedingungen für die Bänder I, II und III genaue Meßunterlagen zu besitzen, ist es erforderlich, auch Angaben über die im Dezimeterbereich zu erwartenden Feldstärkeschwankungen im Gelände zu erhalten, um die Grundlagen für die in den Bändern IV und V durchzuführenden Planungsarbeiten, die einer Senderaufstellung in diesem Frequenzbereich vorausgehen müssen, zu schaffen [3, 4]. An dieser Stelle soll auszugsweise über einige Ergebnisse berichtet werden, die aus unseren Messungen bei einer Frequenz von 480 MHz hervorgegangen sind. Auf einer Meßstrecke in Brandenburg sind vergleichende Ausbreitungsmessungen bei leicht hügeligem Gelände vorgenommen worden. Unter gleichartigen Bedingungen wurden vier verschiedene Sender in den Bändern I, II,

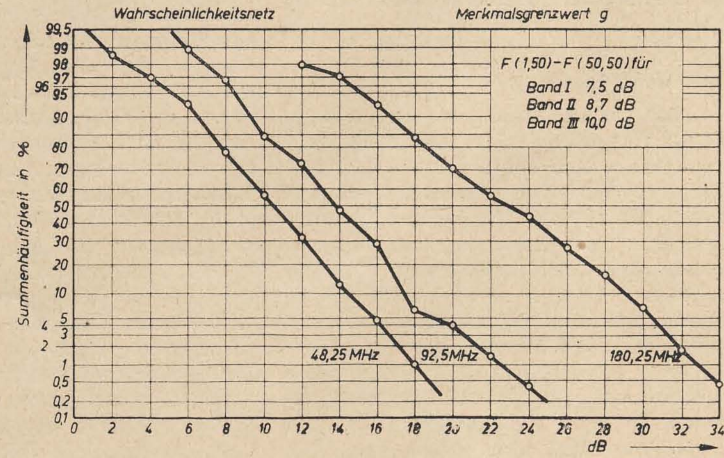


Bild 2: Häufigkeitsstatistische Darstellung der auf der Autobahn Berliner Ring—Dresden in den Bändern I, II und III gemessenen Feldstärkekurven

III und IV registriert. Die Meßergebnisse sind im Bild 3 wiedergegeben.

Man erkennt auf den ersten Blick die mit zunehmender Frequenz ansteigende Feldstärkestreuung. Es läßt sich eine eindeutige, von einem Frequenzband zum anderen größer werdende Schwankung nachweisen, wobei die größten Feldstärkeänderungen im Band IV auftraten, wie auch zu erwarten war. Betrachtet man die Feldstärkeeinbrüche hinter den Hindernissen, die hier nur aus niedrigen Hügeln bestanden, so kann man in einzelnen Fällen sehr deutlich einen direkten Vergleich zwischen dem Feldstärkerückgang in einzelnen Bändern anstellen. So beträgt die Dämpfung an Hindernissen, verglichen mit dem Band II, wie auch aus diesem Profil hervorgeht, im Band IV meist etwa 10 dB mehr. Dies stimmt sehr gut mit den von Knöpfel gefundenen Werten überein, die etwa 12 dB betrugen [5]. Eine endgültige Aussage läßt sich aus diesen stichprobenartigen Messungen noch nicht machen. Wahrscheinlich wird der Unterschied in der Dämpfung zwischen den Bändern I oder II und Band IV bei markanteren Hindernissen noch etwas größer werden. Die Feldstärkekurven über dem im Bild 3 mitgeteilten Meßprofil sind häufigkeitsstatistisch ausgewertet worden, und die Ergebnisse sind aus Bild 4 zu ersehen.

Wie man aus den Häufigkeitsverteilungen ersehen kann, ergeben sich folgende Ortsstreuungen:

Band I 4,8 dB,

Band II 7,8 dB,

Band III 9,8 dB,

Band IV 14,0 dB.

Gegenüber dem Band I besteht im Band IV eine Zunahme der Ortsstreuung um 10 dB, wobei einschränkend gesagt werden muß, daß sich dieses Ergebnis nicht für alle Geländearten verallgemeinern läßt. Für weitere Aussagen sind noch umfangreichere Messungen durchzuführen.

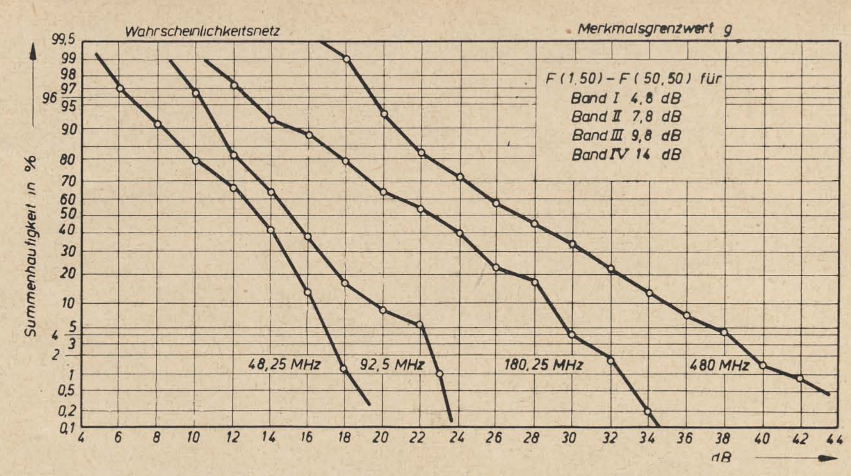
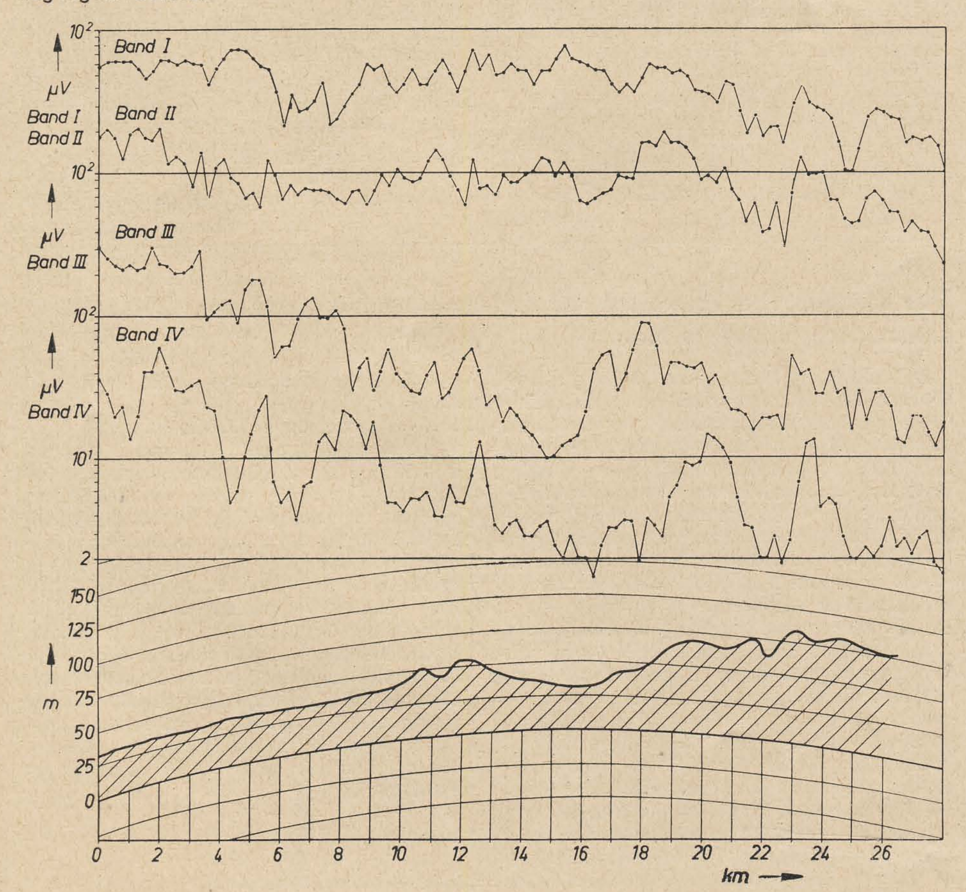


Bild 4: Häufigkeitsstatistische Auswertung der im Bild 3 mitgeteilten Meßprofile für die Bänder I bis IV

Die Frequenzabhängigkeit der kleinräumigen Feldstärkeschwankungen in Wäldern

Um weitere Vergleichsmöglichkeiten zwischen den mannigfaltigen Beeinflussungen der Ausbreitung durch Hindernisse in verschiedenen Frequenzbereichen zu erhalten, wurden auf einzelnen Profilen in Wäldern Messungen über die Größe der in Waldbeständen gleicher und wechselnder Dichte auftretenden Schwankungen der Feldstärkewerte durchgeführt. Es sind bereits verschiedentlich Messungen bekanntgeworden, jedoch hatten sie in den meisten Fällen die Untersuchung der Dämpfung in bezug auf eine Ausbreitung ohne Hindernisse zum Ziel. So haben Saxton und Lane [6], vgl. auch [7, 8], über die Abhängigkeit der Dämpfung in Wäldern von der Frequenz berichtet. Einzelne von uns durchgeführte Messungen in Wäldern verschiedener Bestandsdichte wurden häufigkeitsstatistisch ausgewertet, und über die Ergebnisse soll kurz berichtet werden. Im Bild 5 ist zunächst ein Meßprofil über eine Länge von 750 m aufgetragen. Die Messungen wurden entlang eines Waldweges mit Kiefernbestand vorgenommen.

Bild 3: Vergleichende Ausbreitungsmessungen in den Bändern I, II, III und IV über leicht hügeligem Gelände



Die bei der Messung im Band IV festgestellten Feldstärkeanstiege am Ende des ersten Drittels des Meßprofils und in der Mitte desselben sind im ersten Fall auf eine Verbreiterung der Waldschneise, durch die der Weg verläuft, und im zweiten Fall durch geringer werdende Bestandsdichte und Durchfahren einer Schonung zurückzuführen. Es konnten bei den Registrierungen besonders im Band IV eindeutige Feldveränderungen bei wechselnder Bestandsdichte oder Änderung der Bestandshöhe festgestellt werden. In den anderen Bändern ließ sich diese enge Kopplung des Feldverlaufes mit der Dichte und Höhe der Hindernisse nicht in diesem Maße beobachten.

Eine Amplitudenstatistik über vier Meßprofile im Wald ergab mit zunehmender Frequenz ansteigende Streuwerte. Die Ergebnisse sind für alle Profile gemittelt worden und im Bild 6 wiedergegeben.

Wie aus der Darstellung hervorgeht, erhält man bei logarithmischer Auftragung der Frequenz und der Streuwerte eine Gerade zumindest bis in den Bereich des IV. Bandes. Es läßt sich schwer entscheiden, wie die Kurve bei weiterer Erhöhung der Frequenz verlaufen wird. Jedoch kann man aus dem mitgeteilten Zusammenhang sehr leicht den Streuwert für die

Bild 5: Vergleichende Ausbreitungsmessung im Kiefernwald bei Frequenzen in den Bändern I, II, III und IV

zwischen den Meßpunkten liegenden Frequenzen entnehmen.
Man wird aus diesen auszugsweise mitgeteilten Ergebnissen ersehen können, daß, verglichen mit dem Band I, schon im Band III die Versorgung eines auch nur leicht unregelmäßigen Geländes etwas ungünstiger ist. Eine Fernsehversorgung, die sich auf die Errichtung von Sendern im Band IV stützt, wird weitere Schwierigkeiten der Versorgung von unregelmäßigem Gelände mit sich bringen. Es ist erforderlich, vor Errichtung derartiger Sender einen Überblick über die zu erwartenden örtlichen Streuungen zu erhalten, um eine Abschätzung der Größe der unversorgten Gebiete geben zu können.

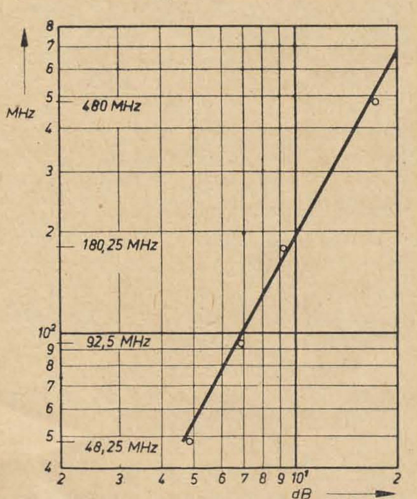


Bild 6: Die Größe der in Wäldern beobachteten Feldstärkestreuung zwischen den Mittelwerten und den 1-%-Werten in Abhängigkeit von der Frequenz

Literatur

[1] U. Kühn: Die Ausbreitung ultrakurzer Wellen im Gelände, Die Deutsche Post, zur Zeit im Druck.

[2] T. T. Goldsmith, R. P. Wakeman and J. D. O'Neill: A field survey of television channel 5 propagation of New York Metropolitan area, Proc. IRE May (1949) Vol. 37, 5, S. 556.

[3] K. Bullington: Radio propagation variations at VHF and UHF, Proc. IRE (1950) Vol. 38, S. 27.

[4] R. L. Smith-Rose: Radio wave propagation and the problems of television bands IV and V, Journal of the Television Soc. Vol. 8, S. 59.

[5] W. Knöpfel: Einige Vergleichsuntersuchungen der Wellenausbreitungsverhältnisse im Band II und IV, Mitteilung in Elektron. Rdsch. (1956) 10, S. 288.

[6] J. A. Saxton and J. A. Lane: VHF and UHF reception — effects of trees and other obstacles, Wireless World, May (1955) S. 229.

[7] B. Trevor: Ultra-high-frequency propagation through woods and underbrush, RCA Review (1940—41) 5, S. 97.

[8] J. A. Saxton and B. N. Harden: Ground wave field-strength surveys at 100 and 600 Mc/s, Proc. IRE (1954) part III, S. 215.

Der Einsatz von Transistoren zur stabilen Verstärkung schwacher Gleichströme

Das Verstärken kleiner Gleichspannungen mit Gleichstromverstärkern wird durch Unstabilitäten und Nullpunktabwanderungen erschwert. Man umgeht diese Schwierigkeit, indem man mit Hilfe mechanischer Schalter das Gleichstromeingangssignal in eine Rechteckwechselspannung umformt, die mit einem Wechselstromverstärker leicht verstärkt werden kann. Nach dieser Verstärkung wird das Signal mit einem geeigneten Ausgangsgleichrichter wieder in Gleichstrom umgeformt.
Die Kleinheit und Zuverlässigkeit von Transistoren führten sehr bald zu der Idee, sie als Zerhacker zu verwenden. In den USA ist dazu eine Doppeltransistoranordnung entwickelt worden, bei der sich die U_p-Werte der npn-Flächentransistoren kompensieren, so daß einem Gleichstromeingangssignal von 0 V eine Ausgangswechselspannung von 0 V entspricht. Der Grad der Kompensation hängt von der Auswahl der Transistoren ab. Es ist jedoch leicht, zwei derartig übereinstimmende Transistoren zu finden, so daß im Temperaturbereich von —50 bis +90° C die Restspannung innerhalb 0,1 mV bleibt.
Die Verwendung von Transistoren an Stelle mechanischer Zerhacker bietet große Vorteile. Sie arbeiten als trägheitslose Schalter ohne Phasengang bis zu Frequenzen von 10 kHz, im Gegensatz zu mechanischen Anordnungen, die zum Teil 30 bis 90° Phasenverschiebung aufweisen. Außerdem sind mechanische Zerhacker nur für eine bestimmte Schaltfrequenz oder einen kleinen Frequenzbereich geeignet. Die Tatsache, daß Transistorschalter bis zu einigen 100 kHz betrieben werden können, ermöglicht ihre Verwendung für die Verstärkung rasch wechselnder Gleichstrom- oder sogar Wechselstromsignale. Die Anwendung hoher Schaltfrequenzen bietet auch die Möglichkeit, Servosysteme mit extrem kurzen Reaktionszeiten zu verwirklichen. *Bau-*

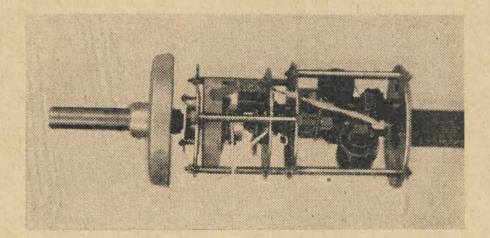
Literatur

Electronics Band 28 (1955) Nr. 4.

Unser Erfahrungsaustausch

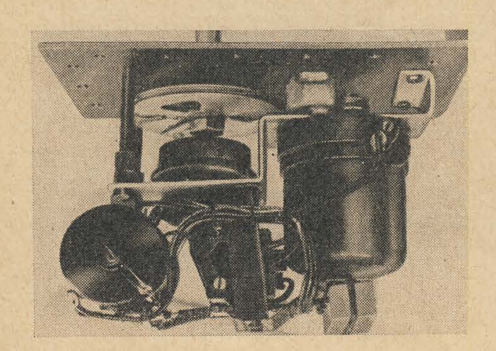
Nochmals drehbarer Dipol

Unter der Überschrift „Antennenrotor" veröffentlichten wir bereits in Nr. 23 (1956) einen Artikel über den Selbstbau eines Antennendrehaggregates. Unsere Leser Werner Voigt und Heinz Kittler schrieben uns ebenfalls über das gleiche Thema. Der Unterschied zwischen der im Heft 23 beschriebenen Anlage und dieser besteht im wesentlichen darin, daß bei ersterer der Motor seitlich am Antennenmast angebracht ist, während bei letzterer der Motor in der Achslinie zwischen dem feststehenden und dem drehbaren Teil des Antennenmastes sitzt (siehe Bild). Die Verfasser verwenden einen für 24 V um-

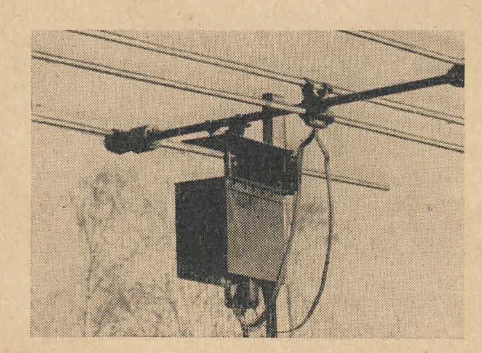


Antennenrotor von Voigt, Kittler

gebauten 220-V-Kurzschlußmotor mit Selbstanlauf, dessen Originalgetriebe die Umdrehungszahl der Antenne auf etwa 1,4 U/min festsetzt. Das Umschalten der Drehrichtung geschieht durch Einschalten entweder der einen oder der anderen von zwei hintereinandergeschalteten Ankerwicklungen, die gegensinnig



Aufbau des Rotors von Lothar Seifert

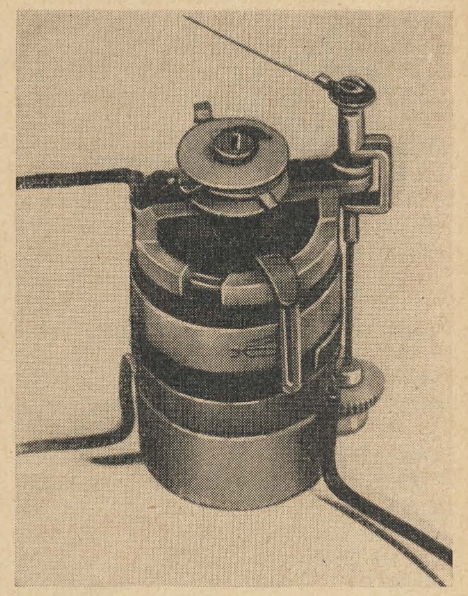


Gesamtansicht des fertigen Drehteils von Lothar Seifert

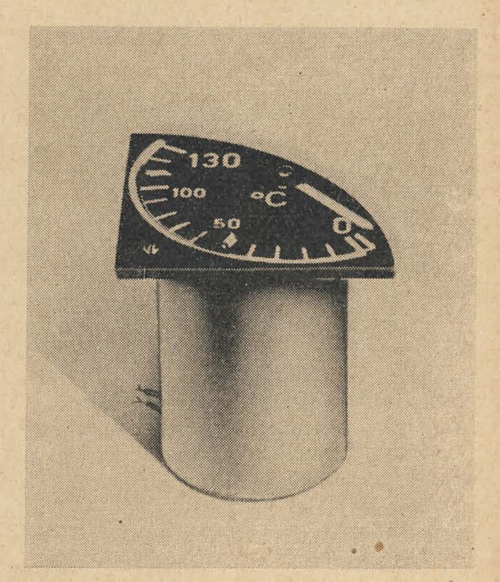
gepolt sind. Statt des Potentiometers dient hier zur Anzeige der Antennenrichtung ein feststehender Schleifkontakt und ein gewendelter Widerstandsdraht, der in die Rille einer Turbaxscheibe eingekittet wurde, die direkt auf der Achse des drehbaren Teiles des Antennenmastes angebracht ist. Da der Antrieb mit einem Kurzschlußmotor, also einem kollektorlosen Motor, erfolgt, arbeitet diese Anlage völlig funkstörungsfrei.

Auch unser Leser Lothar Seifert schrieb uns über den Selbstbau einer drehbaren UKW-Antenne. Als Motor verwendet Herr Seifert einen 12-V-Kleinmotor mit eingebauter Übersetzung 1 : 300, was mit einer zusätzlichen Seilübersetzung 1 : 5 eine Laufzeit von etwa 10 s für eine Umdrehung ergibt. Die Umkehr der Drehrichtung erfolgt durch Umpolen der Anschlüsse. Jeweils am Ende des Drehbereiches (160°) schaltet je ein Abschalter den Motor ab. Diese Abschalter sind in Reihe mit dem Motor geschaltet. Damit die Schalter nur jeweils für eine Drehrichtung wirksam sind, müssen sie in geeigneter Weise mit je einem Selengleichrichter überbrückt werden.

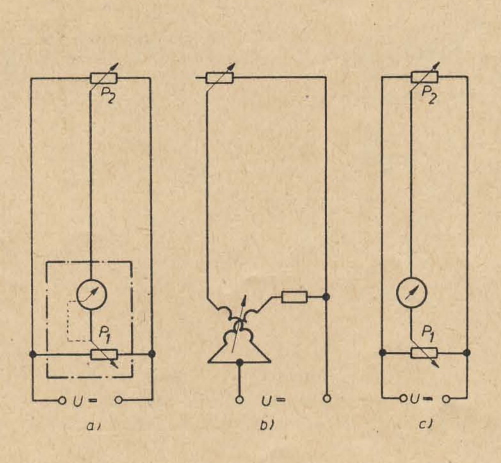
Zur Rückmeldung der Antennenrichtung wurde ein Spezialmeßinstrument (siehe Bilder) verwendet, das aus alten Wehrmachtsbeständen stammt und in Flugzeugen als Benzinstandsmesser und Temperaturmelder verwendet wurde (Bestellungen an die Redaktion sind daher zwecklos). Der Zeiger dieses Instrumentes bewegt einen extrem dünnen Schleifer des im Instrument eingebauten Potentiometers P_1, so daß sich die dadurch gebildete Brücke stets von selbst in das Gleichgewicht einstellt (Schaltung a des untenstehenden Bildes). Das Instrument hat keine Rückstellfeder, der Zeiger wird also nicht mechanisch in die Nullstellung zurückgezogen. Den zweiten Brückenzweig bildet ein von der Antenne bewegtes 5-kΩ-Potentiometer P_2 (praktisch sind Drahtpotentiometer, denn es

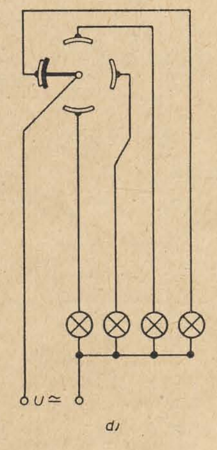


Meßinstrument mit gekuppeltem Potentiometer der von Herrn Seifert verwendeten Rückmeldeanlage



Skala des Meßinstrumentes mit gekuppeltem Potentiometer





Einige Schaltungsarten für die Rückmeldung der Antennenrichtung

lassen sich leicht zusätzliche Anzapfungen je nach Größe des Drehwinkels anbringen). Das Potentiometer P_2 sitzt auf einem Alu-Winkel, der auch den Motor trägt und wird durch einen Mitnehmer von der Antennenachse gedreht.

Eine andere Möglichkeit der Rückmeldung besteht in der Verwendung eines Kreuzspulinstrumentes (Schaltung b, S. 443). In diesem Fall braucht man außer den Motorleitungen sogar nur zwei Leitungen zur Antenne. Bei diesen beiden Arten der Steuerung kann die Skala des Instrumentes direkt nach den jeweils überstrichenen Himmelsrichtungen geeicht werden. Sollte keines der oben verwendeten Instrumente erhältlich sein (eventuell aus alten Restbeständen), so kann man eine einfache Schaltung verwenden, die ebenso wie die beiden vorhergehenden weitgehend spannungsunabhängig ist und sehr sicher arbeitet. Man braucht dazu noch ein zweites Potentiometer P_2 mit möglichst dem gleichen Widerstandswert wie das in der Antenne verwendete und ein billiges Drehspulinstrument (Endausschlag 5 bis 10 V) mit dem Nullpunkt in der Skalenmitte (siehe Schaltung c, S. 443). In diesem Falle wird das Potentiometer P_2 nach Himmelsrichtungen geeicht. Man stellt P_2 auf die gewünschte Richtung ein und läßt den Antennenmotor laufen. Sobald der Zeiger des Instrumentes den Nullpunkt erreicht hat, steht die Antenne in der gewünschten Richtung.

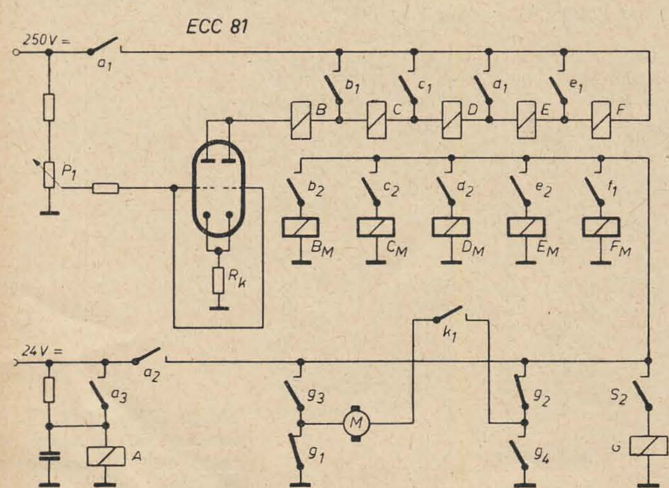
Bedeutend einfacher ist eine Rückmeldung mit Glühbirnen. Man baut sich einen geeigneten Schalter mit Schleifkontakten, kuppelt ihn mit der Antennenachse und steuert so z. B. vier Lämpchen (Schaltung d). Wird der Schalter so gebaut, daß er zugleich zwei Kontakte schließen kann, dann werden bei einem Drehwinkel von 180° bzw. 360° schon sieben bzw. acht verschiedene Stellungen angezeigt. Diese Genauigkeit genügt für die meisten Fälle. Nachteilig ist, daß bei vier Lampen allein für die Rückmeldung fünf Drähte zur Antenne benötigt werden.

Herr Helmut Krüger hat sich über den Bau eines automatischen Antennenrotors Gedanken gemacht, die wir im folgenden kurz wiedergeben werden:

Die Antenne soll sich also automatisch in die Richtung einstellen, die zu einem am Empfänger eingestellten Sender gehört. Die Anlage besteht in der Hauptsache aus einem Netzteil, einer Röhre (z. B. ECC 81), zwei Relais und je einem zusätzlichen Relais für jeden Sender (z. B. fünf) sowie dem Motor zum Drehen der Antenne.

Der Netzteil muß folgende Spannungen abgeben: 250 V Anodenspannung, 24 V Motorspannung und 6,3 V Heizspannung. Die Motor- sowie die Anodenspannung setzt, durch ein RC-Glied und ein Relais verzögert, erst dann ein, wenn die Röhre angeheizt ist.

P_1 wird durch eine Zahnradübersetzung mit der Achse des Drehkos im Empfänger gekoppelt (siehe Bild). Am Schleifer von P_1 kann eine Spannung von 0 bis 6 V abgenommen werden, so daß zu jedem der fünf Sender eine bestimmte Spannung gehört, die an das Gitter der Röhre gelegt wird. Diese Spannungen erzeugen im Anodenkreis der Röhre fünf zugehörige Anodenströme. Jedes der Relais B bis F spricht nun auf einen ganz bestimmten Strom an, und zwar muß das Relais F das empfindlichste sein. Spricht z. B. das Relais D an, so schaltet es die empfindlicheren Relais E und F durch den Kontakt d_1 kurz, so daß diese nicht mehr ansprechen können, während der Strom für die Relais B und C zum Anziehen nicht ausreicht. Die Kontakte b_2, c_2, d_2, e_2 und f_1 schalten beim Ansprechen des zugehörigen Relais je einen kleinen Elektromagneten an die Motorspannung. Diese Magnete (B_M, C_M, D_M, E_M und F_M) sitzen auf dem Stator des Antennenrotors und haben den Zweck, einen Kontakt k_1, der mit dem Rotor rotiert, zu öffnen und damit den Motor stillzusetzen. Kommt also im Verlauf der Umdrehung ein angeschalteter Magnet an k_1 vorbei, so wird dieser geöffnet. Wird ein anderer Sender eingeschaltet, so wird das gerade angezogene Relais abgeschaltet, ebenso auch der dazu gehörige Elektromagnet und k_1 wieder geschlossen, so daß sich der Motor weiterdrehen kann. Zur Änderung der Drehrichtung wird der Schalter S_1 an einem Ende des Drehbereiches der Antenne durch einen Ausleger geschlossen und am anderen Ende geöffnet und damit das Relais G an- bzw. abgeschaltet. Das Relais G hat zwei Arbeitskontakte (g_1 und g_2) und zwei Ruhekontakte (g_3 und g_4), die zur Umpolung des Motors dienen.



Schaltbild des automatischen Antennenrotors

Ein Modulationsmeßgerät

Unser Leser Wolfgang Schuster schrieb uns zu dem in Nr. 2 (1957) veröffentlichten Beitrag „Ein Modulationsmeßgerät“:

In der in diesem Aufsatz wiedergegebenen Schaltung ist folgender, zwar nicht für die Funktion, aber doch für die Bedienungssicherheit entscheidender Fehler enthalten:

Die Netzverdrosselung besteht u. a. aus den 2 × 3 Kondensatoren 0,1 μF gegen Masse. Diese Werte sind nach VDE 0875 vollkommen unzulässig, da dadurch bei fehlender Erdung ein lebensgefährlicher Körperstrom bei Berührung des Gehäuses fließen kann. Der Berührungsstrom darf bei neuen, ortsveränderlichen Geräten zur Vermeidung von körperlichen Schäden nur 0,5 mA betragen. Demnach müßte, wenn man C aus der Formel $R = \frac{1}{\omega C}$ eleminiert, gelten:

$$C = \frac{1}{\omega R} = \frac{I}{\omega U}.$$

Bei f = 50 Hz, I = 0,5 mA und U = 220 V müßte also sein:

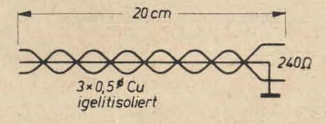
$$C = \frac{0{,}5 \cdot 10^{-3}}{314 \cdot 220} \doteq 0{,}072 \cdot 10^{-7}\,F = 7200\,pF.$$

Dieser Wert ist der Maximalwert der gegen Masse zulässigen Kapazität bei 220 V Netzspannung, ein Wert, der im vorliegenden Fall weit überschritten wird.

FS-Störungen durch UKW-Empfänger

In Nr. 4 (1957) veröffentlichten wir eine Leserzuschrift über FS-Störungen durch den „Paganini“. Herr Dr. Neubauer schrieb uns dazu:

Wir leiden hier unter denselben Störungen und haben als Abhilfe einen Saugkreis für die zweite Oberwelle am Störer mit Erfolg ausprobiert: 3 × 20 cm 0,5-Cu-Draht werden verdrillt und zur Verhinderung von Strahlung als Spule aufgerollt,



Skizze des Saugkreises zur Verhinderung von Störstrahlung

zwei Drähte werden an den 240-Ω-Anschluß vom UKW-Tuner gelegt, der dritte Draht an Masse. Verdrillt wird etwa 16- bis 18 mal auf 20 cm. In Zusammenarbeit mit der Post ist jeweils die Entstörung aller UKW-Empfänger in 50 bis 100 m Umkreis um das gestörte Fernsehgerät möglich. Die Störungen treten stark in den Kanälen 7 und 8, ja sogar im Kanal 10, Brocken Ost, auf.

HANS SUTANER

Die Schaltungstechnik moderner Reiseempfänger

Seit einigen Jahren sind Reiseempfänger sehr beliebt, die als kleine handliche Portables entweder nur für Batteriebetrieb oder in etwas kompakterer Form wahlweise für Batterie- und Netzbetrieb ausgelegt sind bzw. auch aus der Autostarterbatterie mit Strom versorgt werden. Anfänglich nur für ein oder zwei Rundfunkwellenbereiche dimensioniert, ging man auch bald dazu über, diese Empfänger für Kurz-, Mittel- und Langwellen sowie sogar für UKW zu bemessen.
Wir empfehlen unseren Entwicklern und allen anderen, die es angeht, das Studium dieses Artikels über die Schaltungstechnik moderner Reiseempfänger. Wir haben alle Möglichkeiten, wirklich erstklassige Röhrenkoffersuper zu bauen. Die Röhren der D 191er Serie (im Westen D 91er Serie) mit einem Heizstrom von 50 mA werden durch die Röhren der D 96er Serie mit nur 25 mA Heizstrom abgelöst. Freilich ist unsere Transistorproduktion heute noch ungenügend, aber für die Produktion von morgen müssen wir uns heute schon mit Geräten beschäftigen, die nur noch in der Misch- und ZF-Stufe mit Batterieröhren der 96er Serie bestückt sind, als Demodulatoren Kristalldioden enthalten und im NF-Teil mit Transistoren arbeiten. Auch Volltransistor-Reiseempfänger werden bereits serienmäßig gefertigt. Ein zusammenfassender Bericht über die Schaltungstechnik moderner Reiseempfänger wird unsere Leser daher sicher interessieren. In diesem Heft werden die mit Röhren bestückten Geräte behandelt, und der zweite Teil, im Heft 15, wird dann auf gemischt bestückte und Volltransistor-Reiseempfänger eingehen.

Heizkreisschaltungen

Wir beschränken unsere Ausführungen auf die Batterieröhren der D 96er Serie und gehen auf ältere Röhren mit 50 mA Heizstrom nur am Rande ein.
Die Röhren der D 96er Serie sind in Miniaturtechnik mit einem 7-Stift-Sockel ausgeführt und haben einen Heizfaden für 1,4 V. Die Endröhre DL 96 hat zwei Heizfäden (je einen für 1,4 V, 25 mA). Als optimale Anodenbatteriespannung U_b werden 90 V angegeben. Die Röhren arbeiten aber auch noch bei 67,5 V einwandfrei, weil die Verstärkerröhren für eine Schirmgitterspannung von 60 V ausgelegt sind. Kleinere Batteriespannung hat natürlich geringere Ausgangsleistung, Verstärkung und Empfindlichkeit zur Folge.
Die Röhren können mit Gleichstrom geheizt in Parallel- oder Serienschaltung betrieben werden. Da bei Speisung aus Trockenbatterien ein Absinken der Heizspannung nach längerem Betrieb in Kauf genommen werden muß, sind der Röhrenkonstruktion folgende Heizspannungswerte zugrunde gelegt:

mittlere Speisespannung U_f = 1,4 V,
zulässige Minimalspannung $U_{f\,min}$ = 1,1 V,
zulässige Maximalspannung $U_{f\,max}$ = 1,57 V.

Parallelheizung

Der geringe Heizstrom von 25 mA je Röhrenheizfaden läßt in vielen Fällen zu, daß die Röhren parallel geheizt werden können, so daß die sehr einfache und keine Schwierigkeiten bietende Parallelheizung neuerdings meist angewendet wird. Im Parallelbetrieb verbrauchen vier Röhren der D 96er Serie (DK 96, DF96, DAF 96, DL 96) insgesamt 125 mA Heizstrom, den für einige Zeit bereits eine Monozelle zu liefern vermag, wenn man die Ruhepausen berücksichtigt, in denen sich die Zelle wieder erholen kann. Wegen des Absinkens der Spannung von Trokkenbatterien benutzt man heute vorwiegend gasdichte Nickel-Kadmium-Akkumulatoren, deren Spannung von 1,2 V für einen einwandfreien Betrieb noch völlig ausreichend ist. Oft wird diesem Akkumulator auch eine Monozelle parallelgeschaltet, die sich dann aus dem Akkumulator regeneriert.
Soll der Reiseempfänger auch aus dem Wechselspannungsnetz betrieben werden, dann wird die Heizspannung einer Sekundärwicklung des Netztransformators entnommen, mit einem kleinen Schichtgleichrichter in Einweg- oder besser in Brückenschaltung gleichgerichtet und über eine Siebkette geglättet (Bild 1). Der NC-Akkumulator dient bei Batteriebetrieb als Heizspannungsquelle, bei Netzbetrieb als Glättungskondensator und Spannungsstabilisator. Seine Kapazität als Glättungskondensator beträgt etwa 10 000 µF!

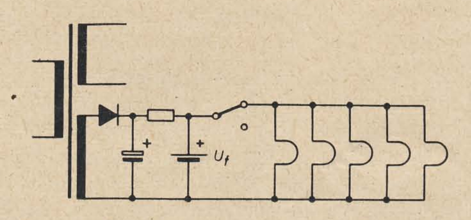


Bild 1: Schaltung eines Nickel-Kadmium-Akkumulators in Geräten für Batterie und Wechselspannungs-Netzbetrieb. Bei Batteriebetrieb arbeitet die NC-Zelle als Heizquelle, bei Netzbetrieb als Glättungskondensator und Spannungsstabilisator

Wird die zugeführte Spannung so bemessen, daß der NC-Akkumulator bei Netzbetrieb mit sehr kleiner Stromstärke aufgeladen wird (Pufferbetrieb), dann liegt seine Spannung bei etwa 1,35 V. Der Übergangswiderstand an den Zellenkontakten ist jedoch sehr klein zu halten. Am besten lötet man die Zelle in die Schaltung ein!

Serienheizung

Muß der Heizkreis aus der Anodenspannungsquelle gespeist werden, dann wird Serienheizung notwendig, die allerdings eine sorgfältigere Bemessung erfordert. Mit Rücksicht auf die Speisespannungsschwankungen verursachenden Änderungen der Heizleistung sind die Heizdaten 1,3 V und 24 mA je Heizfaden zugrunde zu legen. Da man meist mit einem Vorwiderstand arbeitet, der groß gegen den Serienwiderstand der Heizfäden ist, kann man zufriedenstellenden Betrieb bei Netzspannungsschwankungen bis zu ± 10% erwarten.
Der Vorwiderstand berechnet sich bei n Röhren zu

$$R_s = \frac{U_b - 1{,}3\,n}{24} \quad (R_s \text{ in k}\Omega;\ U_b \text{ in V}). \quad (1)$$

R_s muß fein einstellbar sein. Er wird zweckmäßig in einen Festwiderstand und einen kleinen veränderbaren Widerstand aufgeteilt, an dem man den Heizstrom bei Nennspannung auf 24 mA ± 2% einregeln kann.
Damit der eingestellte Heizstrom möglichst unabhängig vom Serienwiderstand der Heizfäden ist, soll die Speisespannung mindestens zehnmal so groß wie die an der Heizfadenkette abfallende Spannung sein.
Um unerwünschte Kopplungen zu vermeiden, wird man den Vorwiderstand durch einen Kondensator ausreichender Kapazität überbrücken.

Ableitung der Katodenströme

Leider fließen bei Serienheizung auch die Emissionsströme (Anoden- und Schirmgitterströme bzw. Katodenströme) über den gesamten Heizkreis.
Nach Angaben von Valvo [1] können diese Ströme bei den Röhren der D 96er Serie folgende Werte annehmen (U_b = 85 V):

DC 96 .. 1,9 mA	DF 96 .. 2,2 mA
DF 97 .. 2,4 mA[1])	DAF 96 .. 0,09 mA
DK 96 .. 2,4 mA	DL 96 .. 4,5 mA
DM 70 .. 0,1 mA	

Diese Ströme dürfen bei dem geringen Heizstrom von 25 mA nicht mehr vernachlässigt werden. Sie lassen sich kompensieren

a) durch Ableitungswiderstände nach $-U_b$ und
b) durch Shunts (das sind jeweils den Heizfäden parallelgeschaltete Widerstände).

[1]) Dieser Wert gilt für die Schaltung als ZF-Verstärkerröhre. Als AM-Mischer hat die DF 97 einen Katodenstrom von 1,34 mA, als FM-Mischer 1, 7 mA.

Bevor wir näher auf diese Schaltungen eingehen, ist noch folgendes zu erläutern: Die Potentialdifferenz zwischen Heizfaden und Steuergitter steigt vom negativen Fadenende zum positiven Fadenende an. Entsprechend nimmt die Emission des Heizfadens zum positiven Ende hin ab. Die zur Ablösung der Elektronen erforderliche Energie wird der Katode entzogen. Der Emissionsstrom senkt also die Temperatur der Katode, und zwar in der Umgebung des negativen Heizfadenendes mehr als am positiven Fadenende. Der Emissionsstrom I_k fließt daher längs des Heizfadens nicht gleichmäßig ab. Man wird den Bedingungen der Röhre hinlänglich gerecht, wenn man in den Berechnungsformeln den Emissionsstrom I_k zu $^4/_5$ auf das negative und zu $^1/_5$ auf das positive Ende des Heizfadens verteilt annimmt.

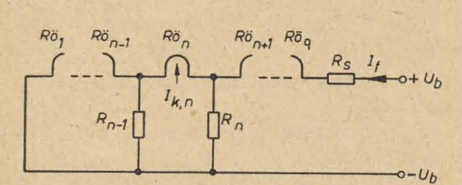


Bild 2: Prinzipschaltung des Heizkreises bei Serienschaltung der Heizfäden für die Ableitung der Katodenströme nach $-U_b$

Für die Endröhre gelten im Zusammenhang hiermit besondere Verhältnisse. Wird diese Röhre nicht in Sparschaltung mit nur einem Heizfaden betrieben, so ist sie als zwei Teilröhren zu betrachten. In der Rechnung setzt man dann vom gesamten Emissionsstrom 65% des Stromes für die erste Teilröhre (auf der negativen Heizfadenseite) und 35% für die zweite Teilröhre ein.

Bild 2 gibt den Heizkreis für Fall a im Prinzip wieder.

Der Katodenstrom der nten Röhre ist ersatzweise eingezeichnet. Der Ableitwiderstand R_n berechnet sich zu

$$R_n = \frac{n\,U_f}{\frac{1}{5} I_{k,n} + \frac{4}{5} I_{k,n+1}} \quad (2)$$

(R_n in kΩ, U_f in V, I_k in mA).

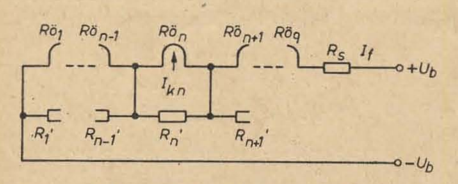


Bild 3: Prinzipschaltbild des Heizkreises bei Serienschaltung der Heizfäden für die Ableitung der Katodenströme durch Nebenwiderstände (Shunts)

n = Index der betrachteten Röhre (in Richtung auf $+U_b$)

n + 1 = Index der nächstfolgenden Röhren (nach $+U_b$ zu)

q = Gesamtzahl der Röhren des Empfängers

Bild 3 zeigt dagegen das Prinzipschaltbild des Heizkreises für den Fall b.

Für den Shunt R_n' gilt dann nachstehende Formel:

$$R_n' = \frac{U_f}{\frac{1}{5}\sum_{p=n}^{p=q-1} I_{k,p} + \frac{4}{5}\sum_{p=n+1}^{p=q} I_{k,p}} \quad (3)$$

(R_n' in kΩ, U_f in V, I_k in mA).

p = laufender Index.

Zahlenbeispiel

Ein Empfänger sei mit den Röhren DK 96, DF 96, DAF 96 und DL 96 bestückt. Nach ihrer Brummempfindlichkeit ordnet man die Röhren im Heizkreis zweckmäßig wie folgt von Minus nach Plus an: $Rö_1$ — DAF 96, $Rö_2$ — DK 96, $Rö_3$ — DF 96, $Rö_4$ — DL 96 (erster Heizfaden mit $I_k = 3$ mA), $Rö_5$ — DL 96 (zweiter Heizfaden mit $I_k = 1{,}5$ mA).

Legt man die oben angegebenen Emissionsströme zugrunde, so erhält man z. B. für $Rö_3$ (also n = 3) bei Verwendung von Ableitwiderständen

$$R_3 = \frac{3 \cdot 1{,}3}{\frac{1}{5} \cdot 2{,}2 + \frac{4}{5} \cdot 3} = \frac{3{,}9 \cdot 5}{14{,}2} \approx 1{,}37 \text{ k}\Omega$$

und bei Benutzung von Shunts

$$R_3' = \frac{1{,}3}{\frac{1}{5}(2{,}2 + 3) + \frac{4}{5}(3 + 1{,}5)}$$

$$= \frac{6{,}5}{23{,}2} = 0{,}28 \text{ k}\Omega = 280\ \Omega.$$

Alle Widerstände sind für den Strom zu dimensionieren, der sie beim Unterbrechen des Heizkreises durchfließen wird. Elektrolytkondensatoren, die als Überbrückungskapazitäten eingesetzt werden, müssen für die an ihnen bei unterbrochenem Heizkreis auftretenden Spannungen bemessen sein. Die Toleranzen der Widerstände sollen nicht größer als ± 10%, besser ± 5% sein.

Erzeugen der Gittervorspannung

Bei Parallelheizung macht das Erzeugen der nötigen Gittervorspannungen keine Schwierigkeiten. Die Vorspannungen gewinnt man für die HF-Röhren durch den Anlaufstrom der Diode am Belastungswiderstand, für die NF-Vorröhre durch den Gitterableitwiderstand. Die Endröhre erhält ihre Gittervorspannung zweckmäßig über einen kapazitiv überbrückten Widerstand zwischen Minus-Anodenbatterie und Heizbatterie. Gegentakt-B-Endstufen benötigen eine besondere Gitterbatterie.

Bei Serienheizung ist zu berücksichtigen, daß die Katoden der einzelnen Röhren ein verschiedenes Potential gegen Minus haben. Die Gewinnung der Gittervorspannung für die Endröhre bietet hier einige Probleme. Grundsätzlich soll die Endröhre nur als Klasse-A-Verstärker betrieben werden. Man verwendet heute nur noch getrennte Heiz- und Anodenbatterien.

In der Praxis wirkt es sich oft ungünstig aus, wenn nach Bild 4 der Spannungsabfall der Heizfadenkette benutzt wird, um

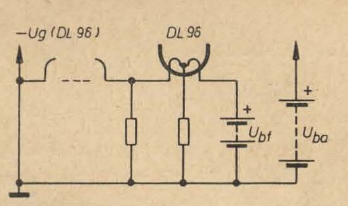


Bild 4: Ungeeignete Schaltung für einen Heizkreis mit DL 96 bei getrennter Batterie für Heizung und Anodenspannung. Die Gittervorspannung wird hier durch den Spannungsabfall der Heizfadenkette erzeugt

die Gittervorspannung für die Endröhre zu erzeugen. Anoden- und Heizbatterie verbrauchen sich nicht gleichmäßig, so daß die Batterien einzeln ausgewechselt werden. Erneuert man z. B. bei fast verbrauchter Anodenbatterie nur die Heizbatterie, so ist eine relativ hohe Gitterspannung die Folge. Die Verstärkung geht dann bei der kleinen Anodenspannung auf einen noch kleineren Wert zurück. Im umgekehrten Fall wird durch eine schwache Heizbatterie der Endröhre eine geringere Gittervorspannung zugeführt, so daß die Endröhre durch die neue Anodenbatterie mit einem unzulässig hohen Anodenstrom belastet wird.

Schaltet man die Endröhre an das negative Ende des Heizkreises und erzeugt ihre Gittervorspannung nach Bild 5 mit einem Widerstand in der Anodenrückleitung — wie es für Parallelheizung üblich ist —, so wird die Gittervorspannung der Endröhre vom Zustand der Heizbatterie praktisch unabhängig. Mit dem Verbrauch der Anodenbatterie sinkt aber auch der von dieser gelieferte Gesamtstrom, und die Vorspannung der End-

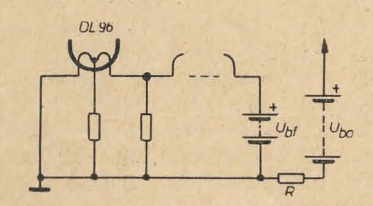


Bild 5: Diese Heizkreisschaltung mit DL 96 ist ebenfalls nicht zu empfehlen, weil die Gittervorspannung für die Endröhre von der Regelspannung abhängig ist

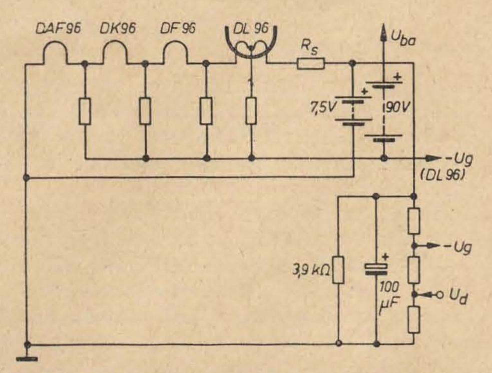


Bild 6: Ratsame Heizkreisschaltung mit DL 96. Das Potential der Anodenrückleitung gegen den Heizfaden der Endröhre muß der erforderlichen Gittervorspannung der DL 96 entsprechen. Die Gittervorspannungen der übrigen Röhren werden von einem Spannungsteiler abgenommen, der aus Hochohmwiderständen besteht. Die Ableitwiderstände müssen entsprechend berechnet werden

röhre geht zurück. Bei starken Empfangssignalen kann der höchst zulässige Katodenstrom für die Endröhre überschritten werden.
Eine alle die genannten Nachteile vermeidende Schaltung gibt Bild 6 wieder. Die Ableitwiderstände sind hier mit dem negativen Pol der Anodenbatterie verbunden, der jedoch nicht mit dem negativen Ende der Heizbatterie zusammengeschlossen ist. Greift man die Gittervorspannung der DL 96 am negativen Pol der Anodenbatterie ab, dann bestimmt hauptsächlich der Katodenstrom das Potential zwischen Steuergitter und Heizfaden der Endröhre, nicht — wie in der Schaltung nach Bild 4 — der Spannungsabfall über die Heizfäden der anderen Röhren. Weiter ist die Gittervorspannung der DL 96 weniger von der Regelspannung abhängig als bei der Schaltung nach Bild 5. Zur Glättung der Heizspannung bei Netzbetrieb dient der Elektrolytkondensator 100 μF. Er ist mit einem 3,9-kΩ-Widerstand überbrückt, damit bei Bruch eines Heizfadens die Spannung über dem Kondensator nicht zu hoch ansteigt.
Die gezeigten Schaltungen zum Erzeugen der Gittervorspannung für die Endröhre gelten auch für die 50-mA-Röhren. Da bei diesen Röhren die zulässigen Grenzwerte nicht so leicht überschritten werden, lassen sich unbedenklich auch die Schaltungen nach den Bildern 4 und 5 verwenden.

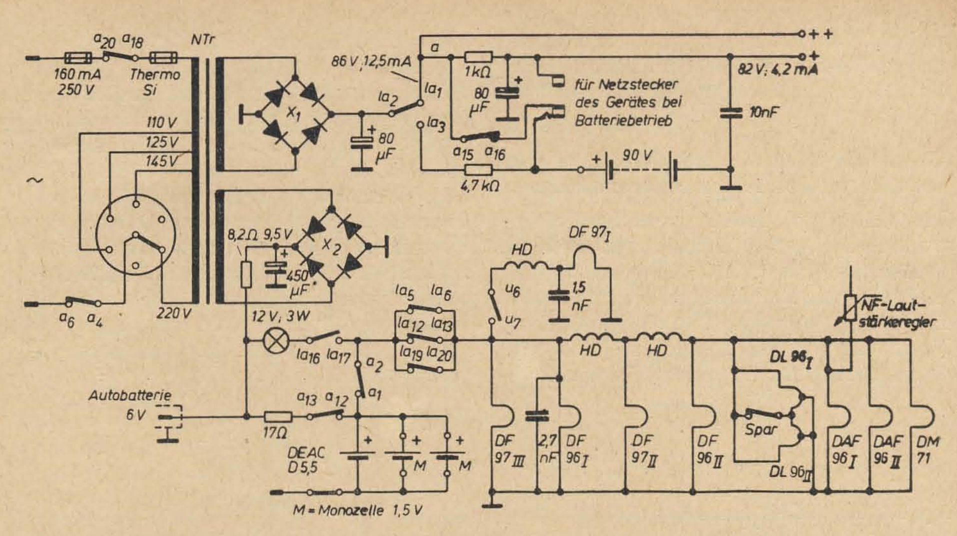


Bild 7: Vollständige Schaltung der Stromversorgung eines AM/FM-Reiseempfängers für Batterie- und Wechselspannungs-Netzbetrieb mit zehn Röhren, zwei Kristalldioden und zwei Selenbrückengleichrichtern. Gegentaktendstufe mit zwei DL 96 (Philips Coletta). Gezeichnete Kontaktstellung: MW-Taste gedrückt. Es werden betätigt: beim Drücken der Aus-Taste alle a-Kontakte, beim Drücken der UKW-Taste alle u-Kontakte und beim Drücken der Ladetaste alle la-Kontakte

Stromversorgungsschaltungen für wahlweisen Batterie- und Netzbetrieb

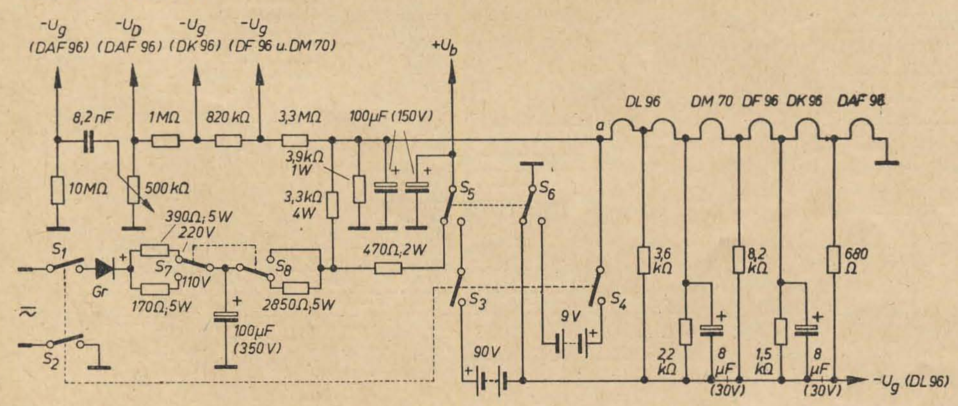
Beispiel einer Stromversorgung mit parallelgeschalteten Röhrenheizfäden für Batterie- oder Wechselstromnetzbetrieb

Bild 7 zeigt die vollständige Schaltung der Stromversorgung eines AM/FM-Reisesupers für Batterie- oder Wechselstromnetzbetrieb. Die Heizfäden von neun Röhren sind ständig parallelgeschaltet. Bei UKW-Empfang wird der Heizfaden der als selbstschwingende Mischröhre arbeitenden DF 97_I über die Kontakte u_6/u_7 zugeschaltet. Um unerwünschte Kopplungen über die Heizfäden bei UKW zu vermeiden, sind die HF-Drosseln HD vorgesehen.
Bei Batteriebetrieb werden die Röhren aus der eingelöteten gasdichten DEAC-Zelle geheizt, der zwei Monozellen M parallel liegen, die sich aus dem Akkumulator regenerieren. Die eingebaute Trockenbatterie zu 90 V liefert die Anodenspannung. Da bei Batteriebetrieb der Netzstecker des Gerätes in dem dafür vorgesehenen Buchsenpaar steckt, gelangt die Anodenspannung über die Primärwicklung des Netztransformators NTr, die dann parallel zu dem Siebwiderstand 1 kΩ liegt, zur +-Leitung.
Für Wechselstromnetzbetrieb läßt sich der Empfänger auf alle gängigen Netzspannungen einstellen. Die Anodenspannung wird durch den Selengleichrichter X_1 in Brückenschaltung gleichgerichtet und durch den Ladekondensator 80 μF und die Siebkette (Widerstand 1 kΩ, Siebkondensator 80 μF) hinreichend geglättet. Die zweite ZF-Röhre sowie die Gegentaktendröhren erhalten vom Punkt a aus eine etwas höhere Anodenspannung (++-Leitung).
Einer zweiten Sekundärwicklung des NTr wird die Heizspannung entnommen, im Selengleichrichter X_2 gleichgerichtet (Ladekondensator 450 μF!) und über die Vorwiderstände 8,2 Ω und 17 Ω den Batterien und Röhrenheizfäden in ausreichender Höhe zugeführt. Die DEAC-Zelle dient als Glättungskondensator und Spannungsstabilisator. Sie wird außerdem bei Netzbetrieb mit geringem Strom aufgeladen (Pufferbetrieb). Schnelladung ist ebenfalls möglich. Hierzu ist die Ladetaste zu drücken, die sämtliche la-Kontakte umlegt, so daß die Röhrenheizfäden abgeschaltet und die Lampe 12 V, 3 W über la_{16}/la_{17} als Ladewiderstand vor die Heizbatterie geschaltet wird. Über la_2/la_3 und 4,7 kΩ erhält auch die Trockenbatterie zu 90 V einen geringen Ladestrom, so daß sie sich regeneriert und bis zu 400 Betriebsstunden aushält. Schließlich kann die Heizbatterie auch aus der Autobatterie 6 V aufgeladen werden.
Wird der Schalter „Spar" umgelegt, so öffnen sich seine Kontakte und die beiden DL 96 arbeiten nur mit je einem Heizfaden. Der Heizstrom sinkt um 50 mA und auch der Anodenstrom wird geringer (Sparschaltung für Batteriebetrieb).

Beispiel einer Stromversorgung mit in Serie geschalteten Röhrenheizfäden für Batterie- und Allstromnetzbetrieb

Für die Fälle, in denen der Reiseempfänger auch an Gleichstromnetzen arbeiten soll, gibt Bild 8 ein von Valvo angegebenes Schaltungsbeispiel für einen BGW-Reisesuper wieder [1]. Die Serienschaltung der Röhrenheizfäden und die Abnahme der Gittervorspannungen sind nach dem Prinzip des Bildes 6 durchgeführt. S_1 bis S_4 bilden einen doppelpoligen Umschalter, in Stellung „Netz" schließen S_1 und S_2, in Stellung „Batterie" S_3 und S_4. S_5 und S_6 sind ebenfalls gekuppelt und in Stellung „Netz" gezeichnet. Mit S_7/S_8 kann der Empfänger auf 110 oder 220 V Netzspannung eingestellt werden. Die Schaltung und Bedeutung der Vor- und Ableitwiderstände dürfte nach dem Vorhergesagten ohne weiteres verständlich sein.
Zwischen dem Punkt a und Chassis ist der aus Hochohmwiderständen bestehende Spannungsteiler angeordnet, an dem die einzelnen Gittervorspannungen abgenommen werden. Die Gittervorspannung für die Endröhre entsteht vorwiegend an den Ableitwiderständen 3,6 kΩ

Bild 8: Vollständige Schaltung der Stromversorgung eines AM-Reisesupers für Batterie und Allstromnetzbetrieb



und 2,2 kΩ. Über den Hochohmwiderstand 10 MΩ wird mit dem Anlaufstrom die Gittervorspannung für die DAF 96 erzielt.

Einige allgemeine Bemerkungen zu den mit Röhren bestückten Reiseempfängern

Die bisherigen Ausführungen beschränkten sich nur auf die Schaltungen mit der D 96er Serie. Werden Röhren mit 50 mA und solche mit 25 mA Heizstrom in einem Empfänger verwendet, so sind zahlreiche Varianten von Schaltungen möglich, mit denen entweder eine bessere Empfindlichkeit (z. B. höhere Mischsteilheit durch Verwendung einer Mischröhre mit 50 mA Heizstrom) oder eine größere Endleistung (durch Einsatz einer Gegentaktendstufe mit zwei DL 94, wie im Telefunken Bajazzo 57, bzw. einer normalen Endröhre bei Netzbetrieb, z. B. der EL 95 im Grundig UKW-Concert-Boy) erzielt wird. Um die Batteriekosten zu senken, hat es auch nicht an Versuchen gefehlt, die Anodenbatterie durch einen Zerhacker zu ersetzen (z. B. im Krefft Pascha), der aus einem gasdichten Stahlakkumulator gespeist wird.

Alle modernen Reiseempfänger sind mit Drucktasten und einer eingebauten Ferritstabantenne ausgerüstet, bessere Geräte erfassen auch den UKW-Bereich und enthalten hochwertige permanentdynamische Lautsprecher mit Luftspaltinduktionen bis zu 13000 Gauß.

(Wird fortgesetzt)

Literatur

[1] Valvo GmbH, 25-mA-Batterieröhren und ihre Schaltungen.

[2] Presseinformationen von Akkord-Radio, Telefunken und Philips.

Ing. ERNST SCHREIBER

Die Ausgleichsvorgänge in der Musik und deren synthetische Nachbildung bei elektronischen Musikinstrumenten Teil 2

Tastsysteme

Tastsysteme sind komplette Steueranordnungen für vielstimmige elektronische Musikinstrumente, insbesondere Orgeln. Mit diesen Anordnungen können z. B. die den akustischen Orgeln eigenen Ausgleichsvorgänge in guter Annäherung nachgebildet werden. Eine mit diesen Mitteln ausgestattete elektronische Orgel genügt somit auch künstlerischen Ansprüchen. Dies wird dadurch erreicht, daß der Einsatz und — bei mindestens zweimaligem Tonanschlag der gleichen Taste — der Übergang jedes Teiltones der Obertonreihe eines musikalischen Klanges unabhängig von allen anderen Teiltönen nach den gegebenen Gesetzen der Klangfarbe des betreffenden Registers steuerbar ist.

Bild 1 zeigt die Schaltung eines Tastsystems für die Zusammensetzung der Klangfarben aus sinusförmigen Teiltönen mit dem wesentlichen Kennzeichen, daß außer den Grundtönen auch alle für die Klangsynthese benötigten Obertöne der gleichschwebend temperierten Tonskala entnommen werden können[1] [6].

Im Bild 1 bedeuten die Positionsnummern 1 bis 7 Tongeneratoren, 8 bis 14 Anodenarbeitswiderstände, 15 bis 21 Regelröhren, 22 bis 28 Koppelkondensatoren, 29 bis 35 Gitterkondensatoren, 36 bis 42 Gitterableitwiderstände, 43 bis 49 Katodenwiderstände, 50 bis 70 Widerstände und Kondensatoren für die Zeitkonstantenglieder, 71 die erste Sammelschienengruppe, 72 die zweite Sammelschienengruppe, 73 eine dritte Sammelschienengruppe, 74 bis 77 die den Tontasten zu-

[1]) Siehe auch DEUTSCHE FUNK-TECHNIK Nr. 1 (1954).

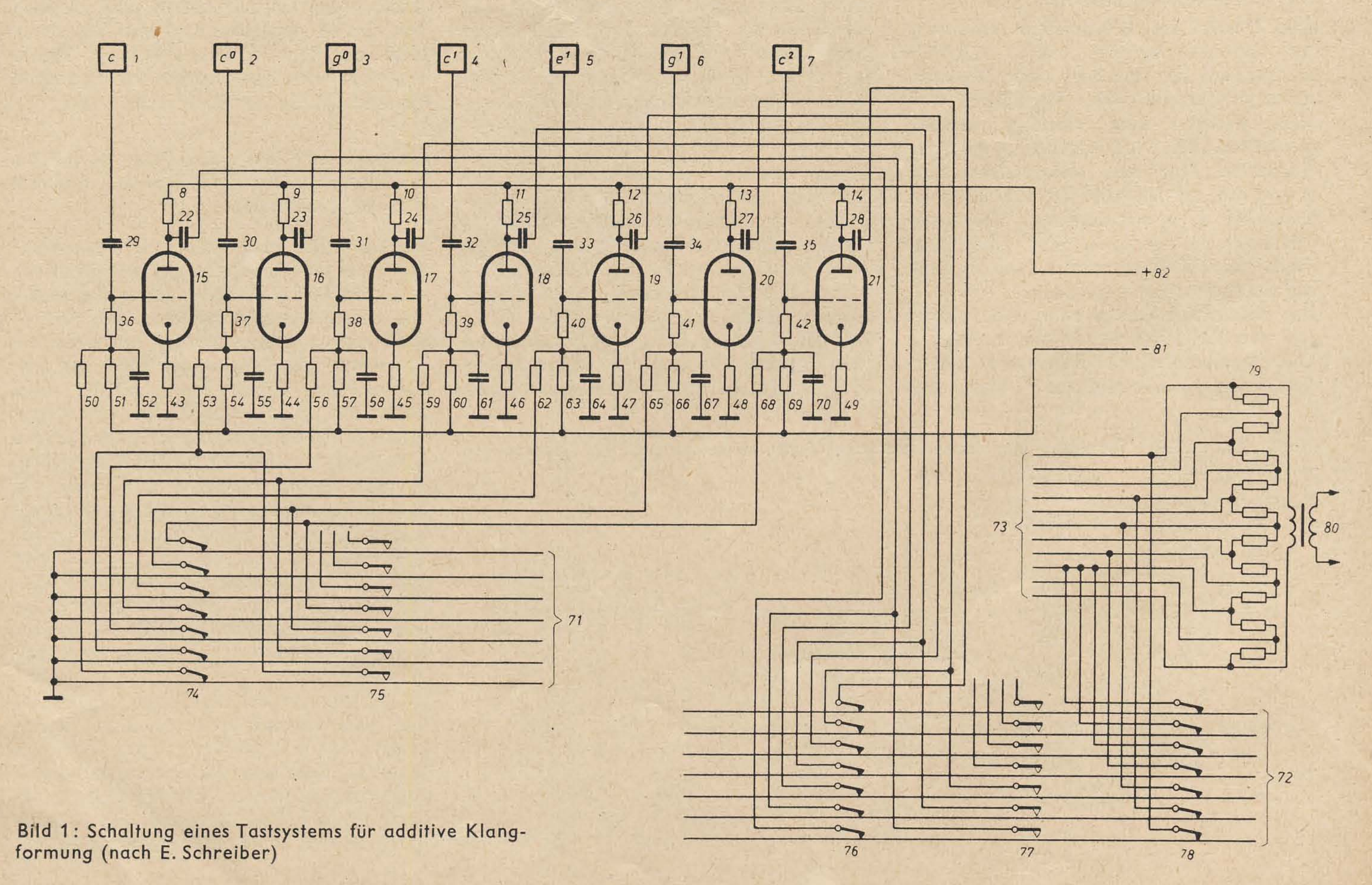


Bild 1: Schaltung eines Tastsystems für additive Klangformung (nach E. Schreiber)

geordneten Schalterelemente, 78 ist ein Registerzug bzw. eine Registerwippe (z. B. Prinzipal 8'), 79 ein Spannungsteiler, 80 ein Eingangstransformator für den nicht dargestellten Verstärker, der vor dem Lautsprecher liegt, 81 ist die Gittervorspannungszuführung und 82 die Anodenspannungszuführung.

Die Wechselspannungen der Tongeneratoren werden über die Regelröhren, die Koppelkondensatoren und über die den Tontasten zugeordneten Schalterelemente 76 und 77 der Sammelschienengruppe 72 zugeführt. Die unterste Sammelschiene dieser Gruppe erhält den ersten Teilton und so fort bis zur obersten Schiene, die den achten Teilton erhält. Der siebente Teilton wird nicht verwendet, da er, wie bereits im ersten Teil dieses Artikels gesagt wurde, etwas tiefer als das normale b in der temperierten Stimmung liegt und somit starke Schwebungen hervorbringen würde. Die verschiedenen Klangfarben im stationären Zustande unterscheiden sich nur durch die Anzahl und das Amplitudenverhältnis der einzelnen Teiltöne zueinander. Durch die dem Registerzug 78 zugeordneten Schalterelemente werden diese Teiltöne der Sammelschienengruppe 73 zugeführt. Da jede Sammelschiene dieser Gruppe an einen anderen Punkt des Spannungsteilers 79 angeschlossen ist, kann jedes beliebige Amplitudenverhältnis der einzelnen Teiltöne untereinander hergestellt werden. Der Übersichtlichkeit halber sind im Bild 1 nur die Tongeneratoren dargestellt worden, die notwendig sind, um die Obertonreihe vom Ton C aus zu bilden.

Wie Bild 1 eindeutig erkennen läßt, ist die im Bild 11 des vorigen Teils[1]) dargestellte Grundschaltung der unmittelbaren Steuerung der Ausgleichsvorgänge mittels Hochvakuumröhre angewendet worden.

Die Tastenschalterelemente der Sammelschienengruppen 71 und 72 arbeiten wie folgt: Schalterelemente 74 und 76 sind der Tontaste C zugeordnet, so daß beide Elemente beim Drücken der Tontaste C in Funktion treten, ebenso die Schalterelemente 75 und 77 für die Taste c°. Wird nun die Tontaste C (Schalterelemente 74 und 76) gedrückt, so wird der Widerstand 50 an Masse gelegt und damit der Einschwingvorgang analog der Schaltung nach Bild 11 des vorigen Teils eingeleitet. Die Zeitkonstante des Widerstandes 50 und des Kondensators 52 ist so gewählt, daß entsprechend dem Diagramm nach Bild 2 des vorigen Teils eine Einschwingdauer von etwa 0,6 für den Grundton C erreicht wird. Diese anschwellende Tonspannung wird am Anodenwiderstand 8 über den Kondensator 22 gleichstromfrei abgenommen und der untersten Schiene der Sammelschienengruppe 72 als erster Teilton (Grundton) vom Ton C zugeführt. Genauso arbeiten die Regelstufen der anderen Töne, nur mit dem Unterschied, daß die Zeitkonstanten der Glieder 53 und 55 für den zweiten Teilton c°, die Glieder 56 und 58 für den dritten Teilton g°, die Glieder 59 und 61 für den vierten Teilton c¹ usw. so festgelegt sind, wie sie sich aus Bild 2 des vorigen Teils ergeben. Da die Sperrung der Regelröhren der höheren Teiltöne entsprechend den vorgegebenen Zeitkonstanten früher aufgehoben wird als die der mittleren und tieferen Teiltöne, sind also im Klangeinsatz für Orgeln nach dem elektrischen Prinzip ähnliche Verhältnisse wie bei akustischen Orgeln geschaffen worden.

Die Werte der Ladewiderstände 51, 54, 57, 60, 63, 66 und 69 sind nun so gewählt, daß damit die Klangübergänge synthetisch nachgebildet werden. Aus Bild 5 des vorigen Teils ist zu erkennen, daß bei unmittelbar aufeinanderfolgenden Anschlägen der erste Teilton nicht völlig verschwindet, sondern mit merklicher Amplitude noch vorhanden ist. Der Widerstand 51 z. B. bildet mit dem Kondensator 52 ein RC-Glied, dessen Zeitkonstante so festgelegt ist, daß sie den Verhältnissen des Bildes 5 des vorigen Teils entspricht (erster Teilton, Oktavsieb 37,5 bis 75 Hz), daß also der Kondensator 52 entsprechend der Anschlagfrequenz nicht voll aufgeladen wird, somit nur eine Teilspannung der negativen Vorspannung erhält und die Regelstufe nicht völlig sperrt. Es liegt daher die zeitlich gewünschte Restamplitude über den Kondensator 22 an der Sammelschienengruppe 72. An Hand der vorgegebenen Klangübergänge der Teiltöne 2 bis 8 nach Bild 5 des vorigen Teils, werden die Zeitkonstanten der Glieder 54 und 55, 57 und 58, 60 und 61 usw. bestimmt.

In den bisherigen Ausführungen wurde die Obertonreihe von Ton C aus behandelt. Bildet man nun die Obertonreihe vom Ton c°, also eine Oktave höher, so liegen folgende Verhältnisse vor:

Ton c° ist vom Ton C aus gesehen der zweite Teilton, wird jedoch vom Ton c° aus zum ersten Teilton (Grundton). Diese dem Ton c° zugeteilten Zeitkonstanten der Glieder 53, 54 und 55 sind jedoch in beiden Fällen dieselben. Dies stimmt nun ziemlich genau mit den Verhältnissen akustischer Orgeln überein. Der zweite Teilton des Tones C (8'-Register) hat zeitlich gesehen ähnliche Einschwingvorgänge wie der Grundton c° (4'-Register). Lediglich die Amplitude ist verschieden. Mittels der Registerzüge bzw. Wippen wird diese Amplitude der jeweiligen Klangfarbe entsprechend eingestellt.

Unter dem Begriff „Ausgleichsvorgänge" werden, wie bekannt, Klangeinsätze, Klangübergänge und Ausschwingvorgänge verstanden. Bei dem oben beschriebenen Tastsystem nach Bild 1 werden die Klangeinsätze vollkommen und die Klangübergänge mit gewissen Einschränkungen richtig gesteuert. Das Problem der Nachbildung von Ausschwingvorgängen wurde dabei indessen nicht berührt, da die raumakustischen Verhältnisse weitgehend die Nachhalldauer bestimmen und unter der Voraussetzung einer längeren Nachhallzeit einen scheinbaren Ausschwingvorgang vortäuschen.

Soll indessen ein echter Ausschwingvorgang und gleichzeitig eine Verbesserung der Steuerung des Klangüberganges, den man auch als einen vorzeitig abgebrochenen Ausschwingvorgang ansehen kann, erreicht werden, so müssen andere Wege beschritten werden. Leider sind diese erweiterten Forderungen nur mit einem erheblichen Mehraufwand an Bauelementen möglich. Während die Kompromißlösung nach Bild 1 mit je einer Regelröhre pro Tontaste auskommt, müssen für die erweiterten Forderungen für jede Tontaste soviel Regelröhren vorgesehen werden, als Registerlagen vorhanden sind.

An Hand des Bildes 2 sollen nun die Zusammenhänge der Forderung nach echtem Ausschwingvorgang und verbessertem Klangübergang näher erläutert werden. Wie sich unschwer erkennen läßt, ist hierbei die Amplitude eines Tones über der Zeit aufgetragen. Nach Bild 2a stellt sich der Klangeinsatz als eine Kurve dar, die von der Amplitude Null bis zu einem bestimmten, der gewünschten Tonstärke entsprechenden Wert innerhalb einer bestimmten Zeit ansteigt und dann in den stationären Zustand übergeht. Beim Loslassen der Tontaste geht die Amplitude plötzlich und ohne Ausschwingvorgang auf Null zurück, da die Schalterelemente 76 im Bild 1 die Tonspannung von der Sammelschienengruppe 72 abschalten.

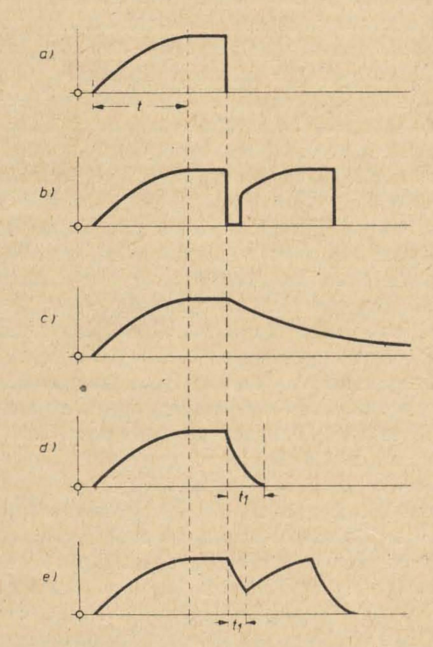


Bild 2: Verschiedenartige Ausschwingvorgänge (nach E. Schreiber)

a) Durch das Loslassen der Tontaste wird das RC-Regelglied vom Lautsprecher abgetrennt, der Ton wird abgehackt und es entsteht ein knallartiges Geräusch
b) Beim wiederholten Tastenanschlag beginnt der zweite Ton nicht beim Amplitudenwert Null, und es entsteht beim Einsetzen des zweiten Tones ebenfalls ein knallartiges Geräusch
c) Nach dem Loslassen der Tontaste geht die Amplitude langsam auf Null zurück, da das RC-Regelglied im Bild 1 für den Ausschwingvorgang eine zu lange Zeitkonstante hat
d) Durch Zuordnung anderer Glieder nach Bild 3 zum Regelglied wird der Wert der Ausschwingzeitkonstante vermindert
e) Durch die Schaltung nach Bild 3 entstandener Kurvenverlauf eines wiederholten Tastenanschlages, der den natürlichen Gegebenheiten entspricht

[1]) Siehe RADIO UND FERNSEHEN Nr. 13 (1957) S. 399.

Das hierdurch entstehende breite Frequenzspektrum erzeugt ein knallartiges Geräusch[1]), das allerdings durch den mehr oder weniger langen Nachhall des Tones im Raum verwischt wird.

Schlägt man ein und denselben Ton mehrmals kurz hintereinander an, so ergibt sich der im Bild 2b dargestellte Kurvenverlauf. Es wird dabei deutlich, daß der zweite Ton nicht bei dem Amplitudenwert Null, sondern bei einem davon unterschiedlichen Wert einsetzt. Auf eine solche Erscheinung ist bereits oben hingewiesen worden. Analog der Betrachtung der Verhältnisse gemäß Bild 2a ergibt sich beim zweiten Anschlag des gleichen Tones zum zweitenmal ein knallartiges Geräusch, das jedoch schwächer ist als das erste Geräusch, weil der absolut genommene Amplitudenwert des zweiten Tones geringer ist. Das Regelglied hat nämlich im Augenblick des zweiten Toneinsatzes die Amplitude des ersten Tones noch nicht auf den Wert Null herabgesteuert. Wenngleich, wie die Erfahrung lehrt, die entstehende tonlose Lücke durch den Nachhall des ersten Tones im Raum teilweise verdeckt wird, so tritt doch eine Beeinträchtigung der Klangwirkung namentlich dann ein, wenn das elektronische Musikinstrument in einem Raum mit geringem Nachhall steht.

Sorgt man z. B. bei der Schaltungsanordnung nach Bild 1 dafür, daß auf dem Wege vom Tongenerator bis zum Lautsprecher die Tonspannung keine Unterbrechung durch Schalter erfährt, d. h. also die Regelstufe das einzige steuerbare Glied darstellt, so ergibt sich für einen isolierten Tonanschlag ein Amplitudenverlauf nach Bild 2c. Es wird deutlich, daß das Regelglied beim Loslassen der Taste die Amplitude der Tonspannung allmählich auf Null herabregelt. Wegen des zwangsläufig bedingten Spannungsteilerverhältnisses der RC-Glieder wird der Nullwert — dies ist gleichbedeutend mit dem Ausschwingvorgang des Tones — erst nach Ablauf einer Zeit erreicht, die drei- bis viermal so lang ist wie die Einschwingzeit. Das bedeutet aber, daß beim mehrmaligen Anschlag der gleichen Tontaste eine merkbare Regelung nicht durchführbar ist. Es bildet sich eine Art stationärer Zustand der Tonamplituden aus, die im Takte der Tonanschlagfrequenz moduliert sind. Dem menschlichen Ohr macht sich dieser Zustand als ein gleichmäßig bebender Ton bemerkbar, bei dem man die Anzahl der Tonanschläge nicht mehr zu unterscheiden vermag.

Zur möglichst naturgetreuen synthetischen Nachbildung der bei Pfeifenorgeln und anderen herkömmlichen Musikinstrumenten gegebenen Verhältnissen muß nun so verfahren werden, daß den für die Klangeinsätze und Klangübergänge vorgesehenen Regelgliedern weitere elektrische Glieder zugeordnet werden, die den Wert der Ausschwingungszeitkonstante vermindern. Die beabsichtigte Wirkung sei an Hand des Bildes 2d kurz erläutert. Beim Loslassen der angeschlagenen Tontaste setzt der Ausschwingvorgang ein, dessen zeitlicher Verlauf entsprechend der Größe der wirksam werdenden Zeitkonstantenglieder so einstellbar ist, daß der Amplitudenwert Null in einer Zeit t_1 erreicht wird, die den natürlichen Gegebenheiten z. B. einer Pfeifenorgel entspricht.

Im Bild 2e ist schließlich die Wirkung dieser Maßnahme bei einem mehrmaligen Anschlag des gleichen Tones ersichtlich. Durch die Beseitigung der zwischen Beenden des Anschlages des ersten Tones und Beginn des Anschlages des zweiten Tones vorhandenen Tonlücke (siehe Bild 2b) durch den Ausschwingvorgang des ersten Tones sind die störend empfundenen knallartigen Geräusche beim Tonabbruch und -wiedereinsatz vermieden.

Die zur Realisierung dieser Vorgänge angewendete Schaltung geht aus Bild 3 hervor [7]. Sie stellt eine Erweiterung der im Bild 1 gezeigten Schaltung dar. Die Regelröhre 3 ist hier ebenfalls eine Triode. Anodenwiderstand 2, Kondensator 4, Gitterableitwiderstand 5, die aus den Widerständen 6 und 7 und dem Kondensator 9 bestehenden Zeitkonstantenglieder, weiterhin aber auch das Sammelschienensystem 11 mit seinen der Taste des Tones C zugeordneten Kontakten 12 sind

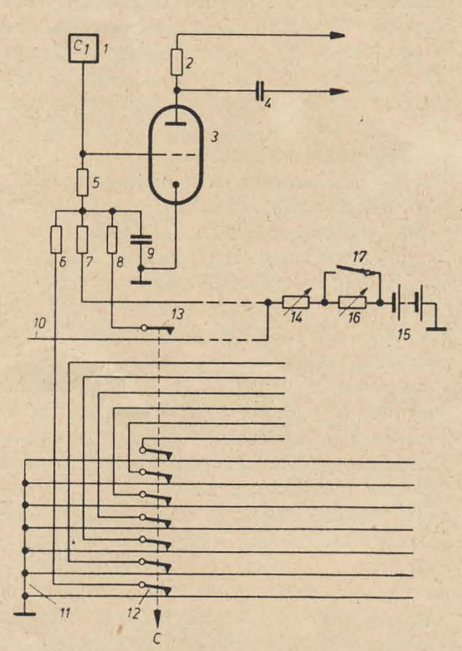


Bild 3: Schaltungsanordnung für die Rücktastung zur Verkleinerung der Ausschwingzeitkonstante (nach E. Schreiber)

die gleichen Schaltmittel wie die im Bild 1. Zusätzlich wirkt nun zusammen mit den auf das Sammelschienensystem 11 arbeitenden Schaltkontakten 12 ein Kontakt 13, der auf eine Sammelschiene 10 gelegt wird und geöffnet ist, wenn die Kontakte 12 geschlossen sind und umgekehrt.

Beim Drücken der Tontaste C, was gleichbedeutend mit dem Aufschalten der Kontakte 12 auf das Sammelschienensystem 11 und der Erdung dieser Elemente ist, wird auch der Widerstand 6 an Nullpotential gelegt und damit der Einschwingvorgang in oben beschriebener Weise eingeleitet. Wird nun die Tontaste losgelassen, so lösen die Kontakte 12 ihre Verbindung mit der geerdeten Sammelschiene. Um dem Nachteil des zu langen Ausschwingens des Tones wirksam zu begegnen, wird beim Loslassen der Tontaste C durch Schließen des Kontaktes 13 der Widerstand 8 parallel zum Ladewiderstand 7 geschaltet. Durch diesen als Rücktastung zu bezeichnenden Schaltvorgang ist gegenüber der Schaltung nach Bild 1 die Möglichkeit gegeben, die Zeitkonstante für den Ausschwingvorgang beliebig zu verringern, so daß letzterer bei isoliertem Tonanschlag z. B. einen dem Bild 2d entsprechenden Verlauf nimmt. Bei mehrmaligem Tonanschlag erfolgen die aus Bild 2e ersichtlichen Klangübergänge ohne Tonlücke in einem Verlauf, der den bei einer Pfeifenorgel vorliegenden Verhältnissen weitgehend angepaßt ist.

Der im Bild 3 dargestellte veränderliche Widerstand 14 zwischen der Gittervorspannungsquelle 15 und den Ladewiderständen 7 sämtlicher nicht gezeichneter Regeleinrichtungen hat die Aufgabe, die Werte aller Ladewiderstände gleichmäßig zu verändern, um den Zeitwert t_1 (in den Bildern 2d und 2c) der Klangübergänge der jeweiligen Raumakustik anpassen zu können. Eine solche Regelung erfolgt innerhalb geringer Grenzen. In Reihe mit dem Widerstand 14 liegt noch ein weiterer veränderlicher Widerstand 16, mit dessen Hilfe eine wesentliche Verlängerung der Ausschwingzeit im Augenblick des gleichzeitigen Loslassens aller Tontasten zur Erzeugung eines Nachhalls ermöglicht werden soll (Bild 4). Um hierbei jedoch nicht die Klangübergänge zu stören, ist dieser Widerstand durch einen Schalter so lange überbrückt, als noch mindestens eine Tontaste gedrückt ist.

In vielstimmigen elektronischen Musikinstrumenten, insbesondere Orgeln, werden zur Erzeugung von Ausgleichsvorgängen eine große Anzahl von Regelorganen benötigt. Die Zahl solcher Regelorgane pro Taste ist von der Registerdisposition abhängig. Infolgedessen sind entsprechend der Größe einer Orgel außerordentlich viele Röhrensysteme erforderlich. Es lag daher nahe, die Röhrenzahl für die Regelorgane auf ein Mindestmaß zu beschränken und andere Steuerglieder für den genannten Zweck zu verwenden. Dies wird nach einer neuen Methode dadurch erreicht, daß jeder Taste nur eine für sämtliche Registerlagen gemeinsame Regelröhre zugeordnet ist und für die Steuerung der Töne der einzelnen Registerlagen Kristalldioden vorgesehen sind. Deren Arbeitspunkt wird bei nicht gedrückter Taste durch das Anoden-

[1]) Jeder Spannungssprung läßt sich darstellen durch die Überlagerung von unendlich vielen Spannungen verschiedener Frequenz (f, 2f, 3f, 4f usw.), deren Amplituden in einem ganz bestimmten Verhältnis stehen.

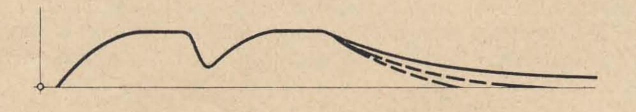


Bild 4: Durch den veränderlichen Widerstand 16 im Bild 3 ermöglichte Verlängerung der Ausschwingzeit

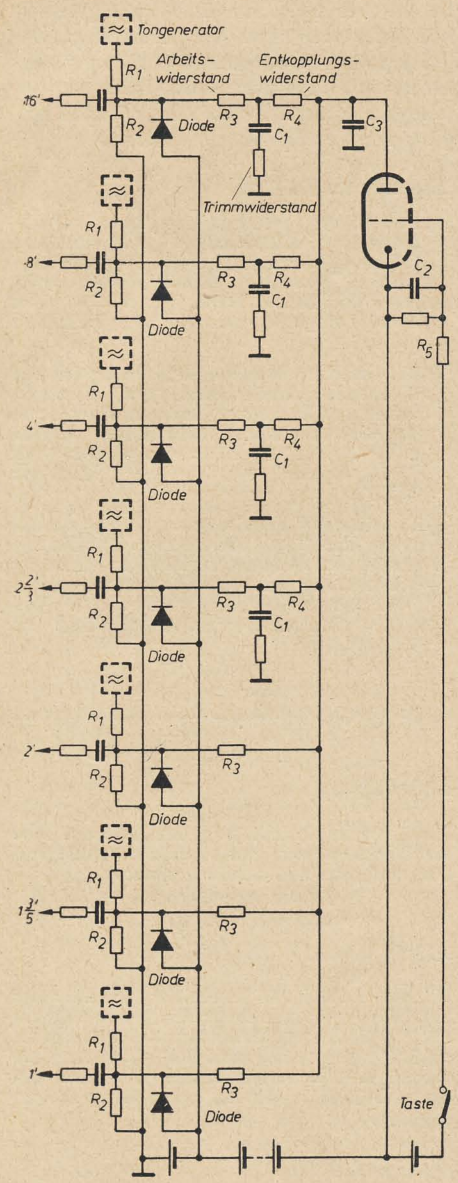


Bild 5: Diodentastsystem (nach E. Schreiber)

potential der Regelröhre in ihren Durchlaßbereich verlagert, so daß ein niederohmiger Nebenschluß (Kurzschluß) für die Tonspannungen vorliegt, während bei durch Tastung gesperrter Regelröhre die Diodengleichrichter in ihrem Sperrbereich arbeiten und die Tonspannungen daher zur Klangerzeugung und Verstärkung gelangen.

Während also bisher pro Taste soviel Röhrensysteme notwendig waren, wie Registerlagen vorhanden sind, ist bei dieser modernen Schaltung nur noch ein einziges Röhrensystem pro Taste, unabhängig von der Zahl der Registerlagen, erforderlich. Dieses Röhrensystem dient nur noch zur Steuerung des Arbeitspunktes der Gleichrichter, während die Tonfrequenzen von den Gleichrichterelementen gesteuert werden. Diese Maßnahme verringert auch den Heiz- und Anodenstrombedarf der Schaltung und hat insbesondere bei elektronischen Orgeln nicht nur eine wirtschaftliche, sondern auch eine erhebliche betriebstechnische Bedeutung, da die bei längerer Spieldauer der Orgel eintretende erhebliche Wärmeentwicklung bisher besondere Vorkehrungen erforderlich machte, die bei der neuen Schaltung entbehrlich sind. Auch der Platzbedarf der gesamten Einrichtung vermindert sich durch die Möglichkeit der Verwendung einer weitaus geringeren Anzahl von Röhren.

Im Bild 5 ist das neue Diodentastsystem in Anwendung auf eine elektronische Orgel dargestellt [8]. Dieses Ausführungsbeispiel zeigt ein Tastsystem mit sieben Sammelschienen für die sieben Registerlagen, und zwar für das 16'-, 8'-, 4'-, $2^2/_3$'-, 2'-, $1^3/_5$'- und 1'-Register. Zu jeder Sammelschiene gehören einundsechzig verschiedene Tonfrequenzen entsprechend der Anzahl der Tasten des Manuals bzw. dreißig Tonfrequenzen entsprechend der Anzahl der Tasten des Pedals. In der Zeichnung ist für jede Sammelschiene nur je ein Tongenerator dargestellt. Die von jedem Tongenerator (Dauertongenerator) gelieferte Tonspannung wird durch die Spannungsteilerwiderstände R_1 und R_2 auf ein bestimmtes Maß reduziert. An der Verbindungsstelle dieser Spannungsteilerwiderstände sind nun Kristalldioden angeschlossen, die im Anodenstromkreis der Steuerröhre liegen. Im Gitterkreis der Steuerröhre sind wieder die bekannten Zeitkonstantenglieder angeordnet, deren Funktion später erläutert wird.

Die Dioden werden von der Steuerröhre nach Maßgabe der Stellung des Tastenkontaktschalters über die Arbeitswiderstände R_3 gleichstrommäßig gesteuert. Außerdem sind in den Registerlagen 16', 8', 4' und $2^2/_3$' zwischen diesen Arbeitswiderständen und der Anode der Regelröhre noch Entkopplungswiderstände R_4 eingeschaltet, deren Zweck später erklärt wird. An der Verbindungsstelle der Arbeitswiderstände und der Entkopplungswiderstände sind Kondensatoren bestimmter Kapazität eingeschaltet, deren anderer Anschluß über Trimmwiderstände an Masse liegt.

Die Wirkungsweise dieser Schaltung wird nachstehend an dem Prinzipschaltbild nach Bild 6 und dem Diagramm nach Bild 7 beschrieben. Im Bild 6 ist nur eine Sammelschiene für die 16'-Registerlage unter Fortlassung des Entkopplungswiderstandes R_4 und des Kondensators C_1 dargestellt. Bild 7 zeigt die Widerstandskennlinie der Diode. Auf der Eigenart dieser Widerstandskennlinie beruht die Wirkungsweise der Schaltung nach Bild 6. Der gegen Masse liegende Widerstand des Spannungsteilers weist einen großen Wert auf. Bei offenem Tastenkontakt, d. h. wenn die Regelröhre ohne Gittervorspannung arbeitet, fließt ein Anodenstrom durch die Röhre, über die entsprechend gepolte Diode und den Arbeitswiderstand R_3. Nun liegt aber die Diode mit ihrem geringen Durchlaßwiderstand von etwa 150 Ω parallel zu R_2. Der resultierende Widerstand beider Schaltelemente liegt also unter 150 Ω. Dadurch ist das Spannungsteilerverhältnis zwischen dem ebenfalls hochohmigen Spannungsteilerwiderstand R_1 und dem resultierenden Widerstand so, daß die Spannung des Tongenerators auf der Sammelschiene durch Kurzschluß praktisch Null ist. Wird nun der Tastenkontakt durch Niederdrücken einer Manual- bzw. Pedaltaste geschlossen, so wird über R_5 dem Gitter der Röhre eine hohe negative Vorspannung zugeführt. Infolgedessen wird diese Röhre absolut gesperrt, so daß kein Anodenstrom fließen kann. Durch die Diode fließt daher ebenfalls kein Strom mehr. Wie aus der Widerstandskennlinie des Bildes 7 zu ersehen ist, hat in diesem Falle, d. h. bei dem Strom Null, die Diode einen Widerstandswert von etwa 500 kΩ, wodurch sich ein resultierender Widerstand der Parallelschaltung von etwa 300 kΩ ergibt. Dieses neue Spannungsteilerverhältnis zwischen R_1 und dem resultierenden Widerstand bewirkt, daß auf der Sammelschiene jetzt die gewünschte Wechselspannung des Tongenerators erscheint.

Die Regelröhre liegt nun R_2 und der Diode parallel. Um einen Kurzschluß der Tonfrequenz durch diese Parallelschaltung zu verhindern, ist in den Leitungsweg ein hochohmiger Arbeitswiderstand R_3 eingeschaltet.

Damit beim Tasten des Tones die Tonspannung nicht plötzlich von Null auf ihren Endwert steigt bzw. umgekehrt von ihrem Endwert auf Null fällt, sind im Gitterkreis der Regelröhre Zeitkonstantenglieder vorgesehen, die bewirken, daß das Öffnen und Schließen der Röhre in einem bestimmten Zeitintervall erfolgt.

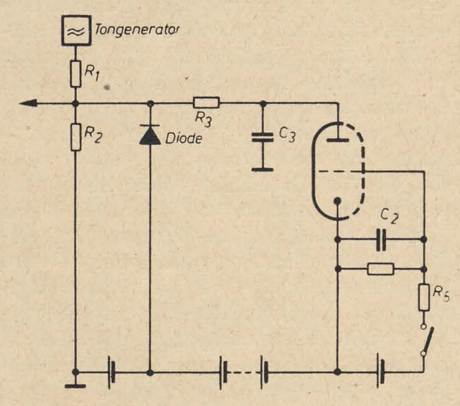


Bild 6: Prinzipschaltbild des Diodentastsystems (nach E. Schreiber)

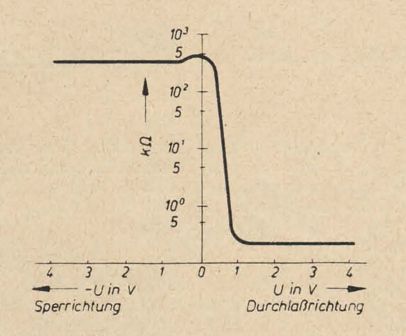


Bild 7: Widerstands-Spannungs-Diagramm einer Kristalldiode

Der Tastenschalterkontakt ist ein Arbeitskontakt, d. h. er ist offen, wenn die Manual- bzw. Pedaltaste nicht gedrückt ist. Hat die Tonspannung auf der Sammelschiene z. B. einen Wert von 2 V, so würde, wie aus der Widerstandskennlinie des Bildes 7 hervorgeht, die positive Halbwelle der Tonspannungskurve bereits im Bereich der abfallenden Widerstands-

kennlinie liegen. Dies würde zur Folge haben, daß erstens ein Spannungsverlust und zweitens eine untragbare Verformung der Tonspannungskurve eintreten. Um dies zu verhindern, ist der Spannungsteilerwiderstand R_2 an ein höheres Gleichspannungspotential gelegt als die Diode. Die Wirkung dieser Maßnahme ist folgende:

Ist die Röhre geöffnet, also stromführend, so fließt über die Diode ein Strom. Trotz des etwas höheren Gleichspannungspotentials des zur Diode parallel liegenden Widerstandes R_2 kann über diesen praktisch kein Strom fließen, weil bei seinem hohen Wert der Spannungsabfall sehr hoch ist gegenüber den 150 Ω der Diode im stromdurchflossenen Zustand.

Anders liegen die Verhältnisse jedoch, wenn der Arbeitspunkt der Regelröhre jetzt durch Drücken einer Manual- bzw. Pedaltaste in ihren Sperrbereich geschoben wird. Es fließt dann kein Strom mehr durch die Diode, so daß jetzt die an R_2 liegende erhöhte Gleichspannung statisch auf das der Sammelschiene zugekehrte Ende der Diode wirkt. Dies bedeutet praktisch eine weitere Verschiebung des Arbeitspunktes der Diode in das Sperrgebiet (negativer Bereich der Widerstandskennlinie), so daß die an der Sammelschiene vorhandene Tonspannung nicht durch den ungeradlinigen Teil der Diodenkennlinie verzerrt wird, womit eine undifinierbare Klangfarbenveränderung vermieden wird.

Da bei der Schaltung nach Bild 5 eine einzige Regelröhre zur Steuerung der Dioden für sämtliche vorhandenen Registerlagen dient, würden ohne weitere Vorkehrungen die Töne aller dieser Registerlagen die gleiche Ein- und Ausschwingzeit haben. Dies entspricht jedoch nicht den Forderungen der synthetischen Nachbildung von Ausgleichsvorgängen, da die Töne der tieferen Registerlagen eine längere Einschwingzeit haben als die Töne der höheren Registerlagen. Um diesen Forderungen auch bei der Schaltung nach Bild 5 Rechnung zu tragen, sind hinter den Arbeitswiderständen R_3 Kondensatoren C_1 zum Zwecke der Verlängerung der Einschwingdauer geschaltet. Wird durch Tastendruck der Schalter geschlossen, so wird die Röhre in der durch die Zeitkonstante des RC-Gliedes R_5, C_2 bestimmten Zeit gesperrt. Diese Zeitkonstante entspricht der Dauer des Einschwingvorganges der höchsten Registerlagen (1′- und $1^3/_5$′-Register). Um eine längere Einschwingdauer in den tieferen Registerlagen (2′- bis 16′-Register) zu erreichen, muß dafür gesorgt werden, daß, nachdem die Regelröhre bereits gesperrt ist, noch ein gewisser Richtstrom in den Dioden der 2′- bis 16′-Register fließt. Hierzu dienen die Verzögerungskondensatoren C_1 in Verbindung mit den Entkopplungswiderständen R_4. Wird nun die Röhre gesperrt, so erfolgt eine Umladung von C_1 auf die an der Diode liegende Spannung. Der hierbei fließende Ladestrom hält den Arbeitspunkt der Diode noch einige Zeit im Durchlaßbereich der Kennlinie, und zwar entsprechend der Zeitkonstanten $R_3 \cdot C_1$.

Um bei der Zusammenschaltung der sieben Registerlagen an der Anode der Regelröhre diese Verhältnisse nicht zu stören, sind die Entkopplungswiderstände in den Leitungszug zwischen der Anode der Regelröhre und den Arbeitswiderständen eingeschaltet. Hierdurch ist gewährleistet, daß sich die einzelnen Zeitkonstantenglieder nicht gegenseitig beeinflussen. Der an der Anode der Röhre befindliche Kondensator C_3 hat die Aufgabe, restliche Tonspannungen zur Erde abzuleiten. Die zwischen den Verzögerungskondensatoren und der Erde liegenden Trimmwiderstände haben den Zweck, das Grundpotential der Kondensatoren festzulegen. Hiermit wird der zeitliche Beginn der Verzögerung bestimmt.

Literatur zum Teil 2

[6] E. Schreiber: Schaltungsanordnung zur synthetischen Nachbildung von Klangeinsätzen und Klangübergängen an elektrischen Musikinstrumenten, insbesondere Orgeln. DWP Nr. 10605, BRP. Nr. V 7587 VIII d/51f, England Nr. 2831/55, USA Nr. 513.116.

[7] E. Schreiber: Schaltungsanordnung zur synthetischen Nachbildung von Klangeinsätzen und Klangübergängen an elektrischen Musikinstrumenten, insbesondere Orgeln. DWP Nr. 11738, BRP. Nr. V 8825 VIII d/51f, England Nr. 32610/55, USA Nr. 562571.

[8] E. Schreiber: Schaltungsanordnung zur Tastung der Töne elektrischer Musikinstrumente, insbesondere elektrischer Orgeln, mit Nachbildung von Ausgleichsvorgängen. DWP Nr. 11656, BRP. Nr. V 9290 VIII d/51f, England Nr. 32611/55, USA Nr. 562528.

Berichtigung

Im Heft 8 (1957) muß es in dem Beitrag „Über die Wirkungsweise von Kollisionsschutzgeräten“ auf Seite 231 richtig heißen:

$$e = 3{,}75 \cdot (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}) \qquad (16)$$

statt: $e = 3{,}75 \cdot \sqrt{h_1 + h_2}$.

Bei dem Faktor 3,75 handelt es sich um einen Erfahrungswert, der die Brechung und Beugung der cm-Wellen bei normalen atmosphärischen Verhältnissen und ebenem Boden zwischen Antenne und Ziel berücksichtigt. Teilweise wird dieser Faktor in der Literatur bis zu 4,1 angegeben.

Dr. G. BARTELS

Wissenschaftliche Untersuchungen mit radioaktiven Isotopen

Die Erforschung und Anwendung der Radioaktivität hat in den letzten Jahrzehnten zu überaus wichtigen neuen Erkenntnissen geführt. Mit der Möglichkeit, künstlich radioaktive Isotope fast aller chemischen Elemente durch Neutronenbeschuß im Reaktor oder mittels Beschluß anderer Elementarteilchen in Beschleunigungsanlagen zu erzeugen, sind die in der Radiochemie der natürlichen radioaktiven Elemente und der Medizin schon vor 40 Jahren begonnenen Untersuchungen mit Radium, Thorium und Uran in verstärktem Maße wieder aufgenommen worden. Außer ihrer Strahlenwirksamkeit, von der am Schlusse dieses Artikels noch die Rede sein wird, haben die radioaktiven Elemente oder Isotope noch einen weiteren Vorteil. Man findet sie gerade durch ihre Strahlung unter vielen anderen Elementen heraus, ohne wägbare Mengen im Verlaufe einer chemischen Untersuchung isolieren zu müssen, einfach mit dem Geiger-Müller-Zählrohr oder dem Szintillationszähler. Während bei chemischen Analysen die Gewichte der einzelnen Elemente mit möglichst hoher Präzision bestimmt werden müssen und die Trennung der einzelnen Komponenten voneinander oft erst nach umständlichen Lösungs- und Ausfällungsverfahren möglich ist, ist bei den Untersuchungsmethoden an radioaktiven Substanzen diese Gewichtsmengenbestimmung und Trennung nicht immer notwendig. Läßt sich doch schon — sozusagen von außen — mit dem Zählrohr des Impulszählers ermitteln, welcher Anteil der ursprünglich vorhandenen aktiven Substanz in der zu untersuchenden Probe geblieben ist.

So bedienen sich die Physiker und Chemiker, die Biologen und Mediziner und nicht weniger die Archäologen, Historiker und Geologen der radioaktiven Isotope als wissenschaftliches Hilfsmittel für ihre Untersuchungen. Die Nachweisempfindlichkeit für diese radioaktiven Isotope hängt von der mittleren Lebensdauer τ bzw. der Zerfallskonstanten

$$\lambda = \frac{\ln 2}{\tau}$$

des Strahlers ab. Je größer die Zahl der Zerfälle in der Zeiteinheit, bzw. je kleiner die mittlere Lebensdauer des aktiven Materials ist, um so leichter läßt sich dieses nachweisen, um so schneller ist es aber auch aus der Natur wieder verschwunden.

Meßverfahren

Die Messungen an Isotopen beschränken sich im allgemeinen auf wenige Methoden, vorausgesetzt, daß sie erst in der für die Messung geeigneten Form vorliegen. Hauptsächlich werden Strahlungsintensitäten zweier Substanzen verglichen oder die Halbwertszeit des Elementes bestimmt, wozu man das Geiger-Müller-Zählrohr oder die Ionisationskammer benutzt. Mit dem Szintillationszähler und Proportionalzählrohr können auch die Energieverhältnisse der strahlenden Substanz näher untersucht werden. Mit dem Massenspektrometer und einem dieser Nachweisgeräte ist es möglich, auch die Massen der Isotope zu bestimmen und gleichzeitig ihre relativen Intensitäten zu ermitteln.

Nicht erst seit der Entdeckung der Uranspaltung oder von dem Zeitpunkt der Herstellbarkeit größerer Mengen künstlich radioaktiver Isotope an gibt es Untersuchungen über die Wirksamkeit der α-, β- und γ-Strahlen auf den lebenden Organismus oder die tote Materie. Schon lange vorher waren erfolgreiche Untersuchungen, ähnlich denen auf dem Gebiet der Röntgenstrahlung, auf medizinischem, chemischem und biologischem Gebiet durchgeführt worden. Bereits um 1920 bis 1930 lernte man auch, mit unwägbaren Mengen umzugehen und bereitete damit die Leitisotopentechnik vor. Trotzdem war das Hauptaugenmerk damals auf die Wirkung der von den in der Natur vorkommenden radioaktiven Elementen ausgehenden Strahlen auf andere Stoffe gerichtet. Auch heute setzt man radioaktive Isotope einem Stoffe mit dem gleichen Ziel zu, um die Veränderungen in ihm zu studieren, oder ihn absichtlich in seinen physikalisch-technischen Eigenschaften zu verändern.

Zwei weitere Anwendungsgebiete der Radioisotope, bei denen aber die Strahlung auf die Materie nicht einwirken soll, sind aus der modernen Forschung nicht mehr wegzudenken. Das eine davon ist hauptsächlich technischer Natur: Das Absorptionsvermögen der Materie für β- und γ-Strahlen ist je nach ihrer Zusammensetzung und Dichte unterschiedlich. Befestigt man hinter dem zu untersuchenden Stoff eine geringe Menge eines radioaktiven Isotops, dessen Stärke noch nicht zur Auslösung chemischer Reaktionen ausreicht, so kann man auf der Gegenseite einen Strahlendetektor anbringen und aus der beobachteten Impulsdichteänderung die Schwankungen der Dichte des vom Isotop durchstrahlten Stoffes erkennen. Bei der zweiten Methode verwendet man als Ausgangsprodukt im Reaktor bestrahlte einfache, anorganische Kohlenstoffverbindungen (z. B. Kalziumkarbonat) und gewinnt aus ihnen durch chemische Reaktionen organische Verbindungen, die teilweise an Stelle des inaktiven Kohlenstoffes ^{12}C das radioaktive Isotop ^{14}C enthalten:

$$^{14}CH_2 \begin{matrix} \diagup COOH \\ \diagdown COOH \end{matrix} \quad \text{oder} \quad CH_2 \begin{matrix} \diagup {}^{14}COOH \\ \diagdown {}^{14}COOH \end{matrix} \quad \text{(Malonsäure)}$$

Dabei kann die Markierung an verschiedenen Radikalen vorgenommen werden, um deren chemische Wirksamkeit im Verlaufe ihrer Umwandlung zu untersuchen.
Diese radioaktive Markierungsmethode leistet mehr, als der einfache quantitative Nachweis eines Strahlers in einer Substanz, weil sich auch Veränderungen der Verbindungen und die Vielfalt chemischer Reaktionen zeitlich und formelmäßig untersuchen lassen. Eine Strahlenwirkung soll weder bei dem Absorptions- noch bei dem Leitisotopenverfahren eintreten. Die Aktivitäten werden daher möglichst so niedrig gehalten, wie es die untere Nachweisgrenze mit dem Zählrohr erlaubt. Die in den letzten Jahren weiter verbesserten Nachweismethoden für die Radioaktivität gestatten schon, äußerst geringe Mengen radioaktiver Substanzen (bis etwa 10^{-8} g) nachzuweisen. Nicht nur die künstlich radioaktiven Isotope bringen uns hierbei neue Erkenntnisse, auch die natürlich vorkommenden Strahler können uns noch, besonders in der Lagerstättenkunde und der Geschichte der Erde, manche neuen Hinweise geben.

Methoden geologischer Altersbestimmungen mit Isotopen

Wenn man annimmt, daß uranhaltige Mineralien bei ihrer Entstehung beide Isotope in gleicher Menge aufwiesen, verschieben die unterschiedlichen Zerfallskonstanten der beiden Uranisotope ^{238}U und ^{235}U im Verlauf von Jahrtausenden das ursprünglich gleiche Mengenverhältnis zugunsten des langsamer zerfallenden Isotops. Obwohl viele Gesteine nur geringste Uranmengen enthalten, kann man aus diesen Messungen schließen, daß die älteren geologischen Formationen der Erde ein Alter von etwa 5 Milliarden Jahren besitzen. Für die Milchstraße wurde spektroskopisch ein Verhältnis beider Isotope von 1:140 beobachtet. Dieses deutet auf ein Alter der Galaxis von sogar $7^1/_2$ Milliarden Jahren hin.
Man kann auch das Uran-Bleiverhältnis einer Lagerstätte untersuchen. Das Atomgewichtsverhältnis dieser Elemente beträgt 238/206 = 1,15. Das Alter A eines Gesteines kann somit annähernd aus der Zerfallskonstante des Urans λ_u bestimmt werden:

$$A \approx \frac{Pb}{U} \cdot \frac{1}{\lambda_u} \cdot 1{,}15.$$

Genauere Alterswerte erhält man mit der Formel

$$A \leq \frac{\ln\left(\frac{Pb}{U} \cdot \overline{1{,}15 + 1}\right)}{\lambda_u}.$$

Hierin ist berücksichtigt, daß das Bleigewicht ^{206}Pb nicht nur beim radioaktiven Zerfall der Uranmenge U entstanden sein muß, sondern zum Teil schon vorhanden war. Auch der Verlust an Uran durch die Bleierzeugung ist mit einbezogen. Das Uran-Bleiverhältnis von 0,001 entspricht einem Alter von etwa 7 Millionen Jahren und ein Verhältnis von 0,07 deutet auf die Zeit des Kambriums[1]) auf der Erde von 500 Millionen Jahren hin. In den angegebenen Zahlen ist auch das beim Thoriumzerfall entstandene Blei mit berücksichtigt worden.
Eine weitere radioaktive Methode ist die Bestimmung des Kalium-Argon-Verhältnisses in einem Gestein oder archäologischen Fund. Das natürliche Isotop ^{40}K hat eine Halbwertszeit von $1{,}4 \cdot 10^9$ Jahren, durch K-Einfang erreicht der Hauptteil der Kerne den Argonzustand. Da sich dieses Edelgas nicht mit benachbarten Atomen verbindet, kann es bei genügender Okklusion[2]) im Untersuchungsmaterial durch physikalisch-chemische Meßverfahren nachgewiesen werden. Eine ähnliche Arbeitsweise wird auch bei der von Paneth entwickelten Methode des Helium-Nachweises angewendet. Dieses Helium entsteht bei der Bleibildung aus dem Uranzerfall: 8 Heliumatome auf ein Bleiatom. Das Gas wird für die Mikroedelgasanalyse fraktioniert[3]) destilliert und hierdurch angereichert. Nur bei äußerst günstigen Meßbedingungen mit einer Klimaanlage, durch vollständig automatische, elektrische Kontrolle der Apparatur und geringste Gasabgabe aller Metallteile der Apparatur kann eine genügende Meßgenauigkeit erreicht werden; trotzdem erlaubt diese Methode nur eine untere Altersgrenze anzugeben.
Sämtliche organische Verbindungen enthalten Kohlenstoffatome. Will man über ihre Struktur oder ihre Umwandlung in der belebten Materie Auskunft erhalten, so wird man den Kohlenstoff als künstlich radioaktives Isotop zur Untersuchung verwenden, was in der Biologie und Medizin heute in sehr großem Maße geschieht. Aber auch ohne Reaktor wird in der Natur radioaktiver Kohlenstoff ^{14}C gebildet. Die Gründe für seine späte Entdeckung und den schwierigen Nachweis sind die Halbwertszeit von 5700 Jahren und die nur sehr energiearme β-Strahlung. Die seit langer Zeit existierende kosmische Strahlung, die am Rande der Atmosphäre aus sehr energiereichen Protonen (Wasserstoffkernen) besteht, erzeugt wie ein Zyklotron-Protonenstrahl bei Wechselwirkungen mit den Luftmolekülen einzelne Kernumwandlungen. Hierbei entsteht in der Stratosphäre ein geringer Neutronenstrom in Richtung auf die Erde, dessen Dichte zwar nicht mit der eines Reaktors verglichen werden kann, dessen einzelne Partikeln aber infolge ihrer hohen Energie zu weiteren Kernprozessen Anlaß geben. Die Neutronen treten dabei mit dem Stickstoffmolekül in Wechselwirkung

$$^{14}_{7}N\ (n, p)\ ^{14}_{6}C$$

und erzeugen den radioaktiven Kohlenstoff. Dieser verbindet sich mit dem Sauerstoff zu $^{14}CO_2$ und wird von der lebenden Pflanze unter Bildung von Zellulose assimiliert. Die von Mensch und Tier aufgenommene Pflanzennahrung ergibt dann auch in deren Zellsubstanz Kohlenstoffablagerungen, die teilweise radioaktiv markiert sind, z. B. im Knochen als $Ca^{14}CO_3$. Bestimmt man von heute lebenden Pflanzen das Gewichtsverhältnis des inaktiven zum aktiven Kohlenstoff in einigen organischen Verbindungen, so ist dieses Verhältnis immer gleichbleibend. Nimmt man eine Konstanz der kosmischen Strahlung über die Jahrtausende hinweg an, wie sie aus Vergleichen mit anderen archäologischen Meßmethoden wahrscheinlich ist, so ist die gebildete Menge an ^{14}C ebenfalls konstant gewesen. Alle Veränderungen im $^{14}C/^{12}C$-Verhältnis müssen also durch den Zerfall des ^{14}C entstanden sein. Sie sind also ein Maß für das Alter von tierischen und pflanzlichen Altertumsfunden. So hat man Papyrosrollen, das Holz eines Pharaonengrabes, Funde von frühen mexikanischen Bauten und Herdstellen, sowie Knochenreste ausgestorbener Tierarten bis zum fünften Jahrtausend vor der Zeitenwende aus diesen Messungen zeitlich bestimmen können. Unter diesen Datierungen früherer Epochen ist das ^{14}C-Verfahren die genaueste Stütze für die Bestimmung archäologischer Funde.

Isotopentrennungsverfahren

Sowohl bei den natürlichen radioaktiven Substanzen, die immer in Verbindung mit nicht aktiven Substanzen vorkommen, als auch bei künstlich hergestellten Isotopen müssen die erheblichen inaktiven Mengen abgetrennt werden. Mit normalen chemischen Reaktionen ist diese Trennung meist nicht möglich. Auch für die Reaktortechnik und einige chemische Prozesse werden bestimmte Isotope rein hergestellt. So hat der schwere Wasserstoff, das nicht radioaktive Isotop des normalen Wasserstoffgases, die Eigenschaft, Neutronen besonders stark abzubremsen und wird daher bei der technischen Verwendung der Uranspaltung benötigt. Das im Reaktor verwendete Uran erhält gegenüber dem natürlichen Uran aus den uranhaltigen Mineralien einen größeren Anteil des leichteren Isotops ^{235}U, seine Anreicherung erfolgt durch ein Isotopen-Trennungsverfahren. Da sich diese Isotope chemisch voneinander nicht unterscheiden und auch physikalisch sehr ähnlich verhalten, versagen bei der Trennung der Isotope die üblichen Methoden, die auf ihrer verschiedenen Löslichkeit oder ihrem Dampfdruckunterschied beruhen.
Die Trennung des schweren Wassers (D_2O) vom normalen Wasser (H_2O) erfolgt durch Elektrolyse, bei der sich schweres Wasser anreichert. Um 1 cm^3 schweres Wasser aus dem natürlichen zu erhalten, benötigt man 100 Liter bereits destilliertes Wasser und elektrische Ströme von etwa 10000 Ampere. Nur mit billiger elektrischer Energie (Wasserkraftwerke) nimmt man diese Elektrolyse vor.
Die Trennung gasförmiger Verbindungen gelingt durch Diffusion und Thermodiffusion. Das Gas Uranhexafluorid wird bei der Diffusion leichter die Poren einer Trennschicht zu einem zweiten Gefäß durchdringen. wenn es aus Uran-235 besteht als bei der Verbindung aus Uran-238. Bei nicht zu geringen Massenunterschieden treten in der Zeiteinheit vom leichten Isotop mit der Masse m_1 $\sqrt{m_2/m_1}$ mal mehr Moleküle durch die Poren als vom schweren Isotop m_2, da die mittlere kinetische Energie $m_i \cdot \bar{v}_i^2$ der Moleküle für jede einzelne Isotopenart konstant sein muß. Derartige Trennanlagen haben sehr große Ausmaße, weil die Trennung in vielen Stufen bis zu einer möglichst hohen Anreicherung erfolgt. Bei der Thermodiffusion wird das Gas in lange Trennrohre gefüllt, in denen sich die leichteren Atome des Isotopengemisches infolge Erhitzung eines in seiner Mitte ausgespannten Drahtes auf diesen zubewegen und dabei an dieser Stelle hochsteigen und sich anreichern.
In geschmolzenen Salzen ist durch elektrischen Strom eine Ionenwanderung zu erreichen, deren Geschwindigkeit von der Masse der Isotope abhängt. So gelang es kürzlich, aus Thallium-Chlorid 99%iges Chlor-35 darzustellen. Auch mit Hilfe von Massenspektrometern, die durch magnetische Felder für eine unterschiedliche Ablenkung der verschiedenen Isotopenmassen sorgen, können sie voneinander isoliert werden. Mit Anlagen, deren Magnet ein Gewicht von 200 Tonnen besitzt, werden in einer Stunde etwa 1 g des gesuchten Isotops rein dargestellt.

Biologische und chemische Untersuchungen mit Radioisotopen

Neben der zahlreichen Anwendung radioaktiver Isotope in der Technik dominieren an Zahl und Wichtigkeit die Untersuchungen auf biologisch-chemischem Gebiet. Im Rahmen der technischen Anwendungen sind aber auch die vielen ihnen vorausgegangenen Versuche und wissenschaftlichen Untersuchungen mit den Isotopen nicht zu vergessen, die zu den praktischen Anwendungen geführt haben.
Zur Untersuchung biologischer Vorgänge im lebenden Organismus interessieren die Veränderungen organischer Substanzen, wozu die mit ^{14}C markierten Verbindungen verwendet werden. Für ihren Nachweis ist eine besondere Technik notwendig, da es sich bei diesen Untersuchungen oftmals nur um sehr geringe Spuren des radioaktiven Materials handelt. Wegen der geringen Reichweite der β-Strahlen des radioaktiven Kohlenstoffs, die die Zählrohrwand nicht durchdringen können, wird man den nachzuweisenden Kohlenstoff entweder in Kohlendioxyd umwandeln und dieses in ein Gaszählrohr einfüllen, um seine Aktivität zu messen, oder man löst die Kohlenstoffverbindung in einer Flüssigkeit, füllt sie in eine Kapillare und bettet diese dann in eine fotografische Emulsion ein. Die Schwärzung der fotografischen Schicht, die man speziell für Elektronen und nicht nur für Licht empfindlich machen kann, ist ein Maß für die Aktivität und damit für den

---

[1]) Erste durch Ablagerung entstandene Gesteinsschichtenfolge des Erdaltertums.
[2]) Einschließung.
[3]) Stufenweise.

^{14}C-Gehalt der zu untersuchenden Substanz. Diese Spurenanalyse ist etwa 1000fach empfindlicher als eine Zählrohrmessung. Bei etwas stärkeren Aktivitäten hat sich die Messung mit Szintillationszählern gut bewährt.

Ebenfalls durch Markierung von Kohlenstoffatomen konnte der Verlauf der Fotosynthese des Zuckers in den Pflanzen verfolgt werden. Die Umwandlung des Kohlendioxydes mit Hilfe der Ultraviolettstrahlung der Sonne und ihr Aufbau zu Zuckerverbindungen wurde an belichteten Pflanzen geprüft, die in einer abgeschlossenen Kohlensäureatmosphäre aufwuchsen. Die Kohlensäure enthielt etwa 10% radioaktiven Kohlenstoff, der teilweise zu radioaktiv markierten Stoffwechselprodukten aufgebaut wurde. Um den Werdegang des chemischen Prozesses und die Reihenfolge der einzelnen chemischen Verbindungen zu erforschen, wurde noch folgender Versuch angestellt: Man veränderte die Belichtungszeit der einzelnen Versuchsreihen und stellte dabei fest, daß bei geringer werdender Belichtungsdauer der Glukosezuckergehalt abnahm, während der Phosphorglyzerinsäuregehalt zunahm. Das geschah durch radiochemische Untersuchungen des Zuckergehaltes und des Gehaltes an anderen Stoffwechselprodukten. Bei 0,4 s Reaktionszeit zeigte sich, daß markierte Zuckermoleküle überhaupt fehlten und dafür markierte Phosphorglyzerinsäuremoleküle in erheblicher Menge nachzuweisen waren. Da andere Produkte nur in geringem Maße festgestellt werden konnten, wird heute angenommen, daß diese Säure das Primärprodukt der Photosynthese ist, aus dem durch weitere Umwandlungen der Zucker entsteht. Letztere wurden in der Folgezeit nach einem ähnlichen Verfahren geklärt.

Bei der beschriebenen Indikatormethode wird nur die Strahlung der radioaktiven Atome zum Nachweis chemischer Substanzen herangezogen. Mit ihr kann man somit den Ablauf unbekannter chemischer und biologischer Prozesse untersuchen und außerdem die Umsetzung der Substanz in andere Verbindungen bestimmen. Setzt man z. B. einer Penicillinkultur radioaktives Sulfat zu, so läßt sich mit dem radioaktiv markierten Penicillin feststellen, welche Mengen notwendig sind, damit eine Bakterienkultur sich nicht mehr vermehrt, sondern abstirbt. Aus dem Ergebnis kann dann die Dosis einer Penicillineinspritzung gegen die zu bekämpfende Infektion bestimmt werden.

In der Pharmakologie ist besonders die Markierung einzelner Vitaminmoleküle bekanntgeworden. So kann die Ascorbinsäure (Vitamin C) zunächst unverändert im Verdauungskanal verfolgt werden und danach die Verteilung des Vitamins im Körper, der Abbau seiner chemischen Verbindung und ihr Neuaufbau sowie ihre Wirkungsweise im Organismus beobachtet werden.

So konnte auch die Frage nach der Schädigung des Menschen durch den Weichmacher Trikresolphosphat im Igelit durch markierten Phosphor untersucht werden. Hierbei legte man eine dünne Igelitfolie (100 mg) lose auf die Haut und stellte schon nach wenigen Stunden fest, daß Spuren von Trikresolphosphat im Blut zu finden waren. Dieses Gift, das den radioaktiven Phosphor des gezeichneten Weichmachers enthält, wird dann sehr langsam mit dem Harn ausgeschieden.

Die sehr schwierige Untersuchung der Wanderung fester Körper in einem anderen festen Körper durch Diffusion der einzelnen Moleküle ist mit chemischen Mitteln nur unvollkommen zu lösen. Mit radioaktiv markierten Atomen kann man dagegen die Festkörperdiffusion leicht auf Fotoplatten verfolgen. Wird ein Stück radioaktives Eisen mit einem zweiten inaktiven Stück elektrisch zusammengeschweißt, die Schweißstelle erhitzt und danach die Verteilung der Aktivität gemessen, so zeigt sich, daß eine Reihe von Atomen des aktiven Stückes über die Schweißstelle hinweg in das inaktive Eisen gewandert sind. Besonders bei Stählen mit veredelter Oberfläche ist die Diffusion des Kohlenstoffes im Eisen und seine Verteilung während der Benutzungsdauer für die Standfestigkeit von Werkzeugen von Wichtigkeit. Auch hier kann man den Kohlenstoff aktivieren und seine Verteilung radiologisch bestimmen.

In ähnlicher Weise kann die Verteilung des Düngemittels in einer Pflanze und die Geschwindigkeit sowie die Menge der wirklich aufgenommenen Substanz durch radioaktiven Phosphor überprüft werden, dabei spielt eine frühere (unmarkierte) Aufnahme des Phosphatdüngers bei der Untersuchung keine Rolle, da die neu aufgenommene Substanz sich durch ihre Strahlung auszeichnet.

Aus der Vielzahl der medizinischen Anwendungsmethoden radioaktiver Isotope für wissenschaftliche Untersuchungen seien das Problem der Extremitätendurchblutung, der Kontrolle des Jod-Stoffwechsels in der Schilddrüse und die Hormonforschung durch synthetisch hergestellte markierte Hormone genannt.

Ein anderes Problem ist die Kontrolle der Lebensdauer der roten Blutkörperchen. Sie ist eine Funktion des Gesundheitszustandes des Menschen. Normalerweise rechnet man mit einer mittleren Lebensdauer der Erytrozyten von 100 bis 200 Tagen, ebenso wird das Hämoglobin im Blut im Laufe einer bestimmten Zeit abgebaut. Der zeitliche Ablauf beider Prozesse kann durch Zugabe radioaktiv markierter Isotope (z. B. ^{59}Fe), die von den Blutkörperchen aufgenommen werden, besser überprüft werden als mit der bisher üblichen Methode der Anfärbung der Teilchen.

Schon seit langem kennt man die Neigung vieler radioaktiver Verbindungen, Kolloide zu bilden. Über ihre Natur ist trotz der frühzeitigen Untersuchung durch Paneth (seit 1913) wenig bekannt. Die Hydroxyde der Radioelemente lassen sich wesentlich besser ausfällen, als ihr Löslichkeitsprodukt erwarten läßt. Auch absorbiert jeder Niederschlag und jede Verunreinigung in einer solchen Lösung radioaktive Isotope, die dem Versuch dadurch verlorengehen. Ähnlich verhalten sich die radioaktiven Aerosole, welche sich leicht mit Filtern festhalten, sedimentieren oder zentrifugieren lassen. Sie sind offenbar an Staub und andere Teilchen absorbiert; denn ohne diese feste „Verbindung" wäre z. B. eine Filtrierung zur Reinigung verseuchter Atemluft in einem Labor gar nicht möglich.

Die Wirkung der radioaktiven Strahlung kann man nicht nur zur Hemmung biologischer Vorgänge für die medizinische Therapie ausnutzen, sondern auch in der chemischen Industrie für einige chemische Umwandlungen verwenden. Auch hierbei ist die Geschwindigkeit der chemischen Reaktion von der Intensität der radioaktiven Strahlung abhängig. In der Erdölindustrie ist das Cracken des Erdöles ein Verfahren, das mit radioaktiven Isotopen, allerdings mit sehr hohen Aktivitäten, durchgeführt werden kann. Auch die Chlorierung von Benzol ist ein wichtiger chemischer Vorgang, der mit dieser neuen Technik beschleunigt werden kann. Mit Kobaltpräparaten von einigen 1000 Curie, deren Herstellung im Reaktor etwa zwei Jahre benötigt, kann das Chlor entweder in den Seitenketten des Benzolmoleküls substituiert werden oder das Chlor im Benzolring selbst addiert werden. Auf diese Weise wurde Hexachlorzyklohexan mit einer Konzentration von 12% des Ausgangsproduktes gebildet und dabei festgestellt, daß die Geschwindigkeit der Substitution proportional der Wurzel aus dem Chlorgehalt ist und mit der Wurzel aus der Intensität der Strahlung zunimmt, während bei der Addition die Konzentration mit dem Quadrat der Zahl der Chlormoleküle wirksam wird und stärker als mit der Wurzel der γ-Intensität ansteigt.

Dieses Verfahren wird in absehbarer Zeit großtechnisch ausgewertet werden. Die bisher verwendete fotochemische Anlagerung des Chlors hat nur eine sehr schlechte Ausbeute, so daß das angegebene Verfahren trotz der notwendigen Schutzmaßnahmen gegen die radioaktive Strahlung rentabler sein wird.

Vernetzte Polymerisate, die für die Herstellung von Kunststoffen notwendig sind, ändern durch Bestrahlung mit γ-Strahlen ihre physikalischen Eigenschaften oft sehr weitgehend: So ergeben sich neue Werte für die Härte und Elastizität sowie für die Festigkeit und elektrische Leitfähigkeit. Dabei wirken die radioaktiven Strahlen nur als „Katalysatoren" und lösen einen weiteren Polymerisationsprozeß aus. Ihre Wirkung ist aber im Gegensatz zu der echter Katalysatoren nicht temperaturabhängig.

In der Funktechnik werden in zunehmendem Maße Halbleiter (z. B. Transistoren) an Stelle von Röhren eingesetzt. Bestrahlt man diese Halbleiter mit Neutronen oder ionisierenden Strahlen, so werden in den Gitterbausteinen einzelne Moleküle auf einen Zwischenplatz gebracht, so daß Fehlstellen im Kristallgitter dieser Verbindungen entstehen. Da schon eine geringe Anzahl von Fehlstellen wie auch von Fremdatomen die elektrische Leitfähigkeit und andere physikalische Eigenschaften verändern können, werden für die Umwandlung nur kleine Strahlungsdosen benötigt. Um einen Begriff von der Zahl der Fremdatome zu erhalten, die solche Wirkungen hervorrufen, sei angegeben, daß bereits ein Fremdatom auf 10^8 Germaniumatome die Wirkungsweise von Germaniumgleichrichtern und -transistoren ändern kann. Besonders Kupfer, Arsen und die Moleküle der Seltenen Erden beeinflussen die Halbleitervorgänge in starkem Maße. Markiert man sie radioaktiv durch eine Bestrahlung im Reaktor, so läßt sich aus der Impulsdichte an den fertigen Germanium-Einkristallen die Zahl der Fehlstellen oder Fremdatome feststellen.

Der Umfang an Literatur auf dem Gebiet der Medizin, Pharmakologie, Physiologie, Zoologie und Botanik ist ebenso, wie auf kernphysikalischem, chemischem und technischem Gebiet stark angewachsen. Es war daher nicht möglich, einen umfassenden Überblick über alle jene Arbeitsrichtungen zu geben, in denen die Isotopentechnik Fortschritte gebracht hat. Nur einzelne Beispiele aus der Isotopengewinnung, der Ermittlung biologischer Vorgänge, chemischer Reaktionen und der Altersbestimmung geologischer Formationen sollten das Ausmaß der Anwendung von Radioisotopen erkennen lassen und zu weiteren Untersuchungen anregen.

Neue Transistoren der Intermetall GmbH

Für NF-Zwecke entwickelte Intermetall vier Leistungstransistoren mit den Typenbezeichnungen CTP 1003, CTP 1004, CTP 1005 und CTP 1006, die sich in der Hauptsache nur in der erreichbaren Stromverstärkung unterscheiden. Die maximale Verlustleistung ($N_c + N_e$) beträgt bei allen vier Transistortypen 15 W. Die maximale Kollektorspannung liegt bei 40 und 60 V, der Kollektorstrom zwischen 1 und 2 A. Bei den Typen CTP 1003 und 1004 beträgt die Stromverstärkung in Emitterbasisschaltung 15, beim Typ CTP 1005 ist $+ h_{21,e} = 26$ und beim Typ CTP 1006 ist $h_{21,e} = 32$. Auch diese Transistoren eignen sich neben der Verwendung in NF-Endstufen zur Schwingungserzeugung und für Schaltstufen. Die Transistoren sind in ein hermetisch verschlossenes Metallgehäuse eingebaut, der Kollektor zur besseren Wärmeableitung mit dem Gehäuse verbunden. Der Kühlflansch der Transistoren ist mit drei Schrauben mit einem besonderen Alu-Chassis mit den Mindestabmessungen 450 × 450 × 2 mm zur guten Wärmeabgabe zu verbinden. *tae-*

Nach Intermetall-Informationen

Kennwerte der NF-Flächentransistoren für Endstufen

	CTP 1003	CTP 1004	CTP 1005	CTP 1006	
Kenndaten bei 25° C					
$-U_c$	36	25	25	25	V
$-I_c$	0,4	0,4	0,4	0,4	A
f_g	4	4	5	7	kHz
N_{cmax}	15	15	15	15	W
Eingangs- und Ausgangswiderstände bei optimaler Anpassung					
R_G	10	10	10	10	Ω
R_L	30	30	30	30	Ω

Literaturkritik und Bibliographie

Dr. Karl Geiger

Methodik
in der Lehre der Wechselstromtechnik

Verlag Technik, Berlin
200 Seiten, 30 Bilder, DIN A 5
Ganzlederin 14,80 DM

Der Wirkungsgrad bei der Ausbildung junger Ingenieure und Techniker hängt im wesentlichen davon ab, auf welche Art den Schülern die Kenntnisse vermittelt werden. Bei jedem Lehrer hat sich eine eigene Methode des Lehrens herausgebildet. Es ist nun aus der Praxis her bekannt, wie stark der Lehrer dem Können des Anfängers sein Signum verleiht.
Der Verfasser hat es in dankenswerter Weise unternommen, den Lehrvorgang zu analysieren und durch systematischen Aufbau einen möglichst optimalen Weg zu weisen, damit die Ausbildungsschwankungen durch die Verschiedenartigkeit der Lehrmethoden auf ein Minimum reduziert werden. Als Beispiel hat er die Wechselstromtechnik gewählt.
Das Buch beginnt mit der Definition der wichtigsten Grundbegriffe der Pädagogik und Erkenntnistheorie. An Hand des gewählten Beispiels folgt eine Analyse des Stoffes. Der Leser wird dabei von der allgemeinen Elektrotechnik zur Wechselstromtechnik geführt. Nach Festlegung der Grenzen des Gebietes werden die Grundbegriffe der Wechselstromtechnik definiert. Es folgt die Untersuchung der einzelnen Schaltelemente, die Zusammenstellung der Arbeitsverfahren und der grundlegenden Gesetze der Wechselstromtechnik. In dieser Analyse wird der Stoff auf seine Wichtigkeit, auf seine Zugehörigkeit zur Wechselstromtechnik und auf seine Zusammenhänge untersucht.
Im weiteren Verlauf des Buches wird darauf eingegangen, auf welche systematische Art der Stoff für die Lehre aufbereitet, gegliedert und aufgebaut werden muß. Schließlich zieht der Verfasser unter Verknüpfung der allgemeinen pädagogischen Grundbegriffe mit dem vorliegenden Beispiel die entsprechenden Folgerungen für die Lehre der Wechselstromtechnik.
Das Buch gewinnt durch die Einstreuung prägnanter Beispiele. Dem systematischen Aufbau des Stoffes legt der Verfasser die Grundgesetze der Wechselstromtechnik zugrunde. In diesem Punkt kann man geteilter Meinung sein, ob die angezogenen Grundgesetze gleichberechtigt sind, sobald sie sich unmittelbar voneinander ableiten lassen. Es sollte die Beziehung als Grundgesetz gewählt werden, die unmittelbar die physikalischen Zusammenhänge beschreibt.
Das Buch zeichnet sich durch Anschaulichkeit und exakten Aufbau aus. Es wendet sich besonders an den Kreis der Berufs- und Fachschullehrer. Sein Wert liegt darin, zur Überprüfung der Lehrmethodik anzuregen und dafür als Grundlage zu dienen. Es kann daher nur empfohlen werden. *Prof. Dr. Ulrich*

Helmut Lindner

Lehrbuch der Physik
für Techniker und Ingenieure

Band I
4., verbesserte und erweiterte Auflage
Fachbuchverlag Leipzig, 1956
161 Seiten, 310 Bilder, 5,80 DM

Dieser Band I des dreibändigen Werkes von Lindner behandelt die Mechanik der festen Körper, Flüssigkeiten und Gase. Die nunmehr erschienene 4. Auflage möge als untrügliches Zeichen dafür gewertet werden, daß zunächst einmal für das Buch ein echtes Bedürfnis vorliegt und daß zum anderen der Leser aber auch das findet, was er an physikalischem Rüstgut braucht. Der Buchinhalt läßt erkennen, daß der Verfasser in stofflicher und methodischer Hinsicht aus dem Vollen zu schöpfen verstanden hat. Schließlich darf noch festgestellt werden, daß in der neuen, erweiterten Auflage inzwischen gesammelte Erfahrungen des Verfassers als Dozent einer Fachschule offenbar ihren Niederschlag gefunden haben.
Der Text und die zahlreichen bildlichen Darstellungen greifen immer wieder auf Erscheinungen des Alltags zurück. Dem Leser wird damit ohne Zweifel das Studium wesentlich erleichtert. Diese in psychologischer Hinsicht sinnvolle Verkopplung von Theorie und Alltagserscheinung kommt besonders zum Ausdruck bei der Relativität der Bewegungen, Nachweis der ungestörten Überlagerung von Bewegungen, Wellen und Strömungslehre, um nur einige Kapitel zu nennen. Die Zusammensetzung und Zerlegung von Kräften einmal als Kräfteparallelogramm und das andere Mal als Krafteck bieten zwar nichts grundsätzlich Neues, jedoch die Art der Gegenüberstellung beider Möglichkeiten durch einfache Beispiele gefällt gut.
Der Verfasser hat es gleich auf den ersten Seiten durch eine zwingende Logik verstanden, endlich einmal die Begriffe Kilogramm und Kilopond so zu definieren, daß künftige Zweifel über deren richtige Anwendung nicht mehr bestehen sollten. Alle fanatischen, kaum belehrbaren Anhänger des Kilopond sollten hier nachlesen, was mit an und für sich wenigen Worten, dafür aber mit um so größerer Klarheit gesagt wird. Sie werden dann erkennen, daß das Kilogramm auch oder gerade bei modernen physikalischen Betrachtungen noch lange nicht ausgestorben ist.
Alle wichtigen Grundgleichungen wurden eingerahmt, um besser einprägsam zu sein. Auf höhere Mathematik wurde fast völlig verzichtet. Mit den Kenntnissen der Elementarmathematik ist bereits sehr weit beim Studium des Buches zu kommen. Eine ganze Reihe neu eingeflochtener Übungsaufgaben aus der angewandten Physik gestalten außerdem das Studium abwechslungsreicher; sie lassen gleichzeitig die physikalisch-mathematischen Zusammenhänge besser erkennen.
Die drucktechnische Ausstattung des Buches ist gut. Ein Blick in das sorgfältig zusammengestellte Stichwortverzeichnis zeigt, daß auch neue Begriffe der Physik, wie laminare Strömung, Kompressibilität, X-Einheiten usw., festgehalten wurden.
Abschließend betrachtet, kann dieser 1. Band, ebenso wie die bereits im gleichen Verlag erschienenen Bände II und III des Lindnerschen Lehrbuches allen ernsthaften Interessenten empfohlen werden. Das dreibändige Werk ist zwar in erster Linie als Lehrbuch für Fachschulen vorgesehen und anerkannt. Es darf jedoch ebenso allen weiterstrebenden Schülern und Facharbeitern empfohlen werden. Nicht zuletzt wird der bereits fertig ausgebildete Techniker aus diesen Büchern zumindest als Nachschlagewerk seinen Nutzen ziehen können. *Richter*

Dr.-Ing. Kurt Sattelberg

Anzeigende Frequenzmesser

Verlag G. Braun, Karlsruhe, 1956
160 Seiten, 177 Bilder, Ganzleinen 21,60 DM

Bisher waren über das Gebiet der anzeigenden und schreibenden Frequenzmesser nur verstreut in den in- und ausländischen Zeitschriften eine große Anzahl von Veröffentlichungen erschienen, die in diesem Buche in einer knappen, übersichtlichen und leichtverständlichen Form zusammengefaßt wurden. Aus der Vielzahl der bisher veröffentlichten Verfahren sind nur die aufgenommen, die eine gewisse Bedeutung erlangt haben. Auch heute nicht mehr gebräuchliche Verfahren sind zum Teil an Hand von Skizzen und Diagrammen eingehend beschrieben, soweit sie zur Erklärung der Besonderheiten dieses Verfahrens beitragen.
Früher waren anzeigende und schreibende Frequenzmesser fast ausschließlich für das Gebiet der Starkstromtechnik geeignet. Das ergibt sich schon aus den zur Anzeige benötigten Leistungen, die die Meßspannung liefern muß und die bei den einzelnen Verfahren fast ausnahmslos in der Größenordnung von 1 bis 10 Watt liegen. Eine Verwendung in der Schwachstromtechnik, in der teilweise nur mit Leistungen der Größenordnung Milliwatt gearbeitet wird, ist daher nur in seltenen Fällen möglich. Ein großer Teil der Meßverfahren gestattet lediglich, Frequenzen zu messen, die nur in den unteren Teil des Tonfrequenzbereiches hineinreichen. Erst in neuerer Zeit wurden auch Schaltungen für das Mittel- und Hochfrequenzgebiet bekannt, die vor allem die Nachteile der hohen Belastung der Meßspannung durch den Frequenzmesser vermeiden. Gegenüber den in der HF-Technik üblichen Frequenzmeßverfahren durch Frequenzvergleich, Überlagerung u. a. m. bietet der anzeigende Frequenzmesser die Vorteile der einfachen und schnellen Anzeige, ohne daß erst mehr oder weniger langwierige Manipulationen ausgeführt werden müssen. Bahnbrechend war der seinerzeit von der AEG gebaute Frequenzzeiger nach der Methode der Kondensatorladung. In letzter Zeit erlangen die Frequenzmesser nach dem Zählverfahren mit elektronischen Zählern wegen ihrer universellen Verwendbarkeit immer größere Bedeutung. Das Verfahren beruht auf der Zählung der Perioden pro Zeiteinheit bzw. für niedrige Frequenzen auf der Messung der Periodendauer. Die Zeit wird von einer Quarzstufe abgeleitet, so daß eine sehr hohe Meßgenauigkeit erreicht werden kann. Mit derartigen Geräten können Frequenzen zwischen etwa 10^{-5} bis 10^{5} Hz gemessen werden und mit Hilfe von Zusatzüberlagerern sogar bis zu 500 MHz.
Wenn daher das Buch als in erster Linie für den Starkstromtechniker geeignet erscheint — die meisten angeführten Verfahren sind nur für Netzfrequenzen geeignet — ist es doch auch für den Schwachstromtechniker zu empfehlen, da es neben den für höhere Frequenzen geeigneten Verfahren einen sehr guten allgemeinen Überblick über das ganze Gebiet der anzeigenden und schreibenden Frequenzmessung sowie über die ausgeführten Geräte gibt.
Durch die gute Ausstattung mit Bildern, Prinzipschaltungen, Skizzen und Diagrammen ist dieses Werk für Praxis und Studium gleich gut geeignet. Eine ausführliche und bis in das kleinste gehende Darstellung ist in dem Rahmen eines solchen Buches, das nur ein Bild der bisherigen Entwicklung bringen soll, natürlich nicht möglich. Besonders wertvoll ist daher für den an einzelnen Problemen stärker Interessierten das ausführliche und übersichtliche Literaturverzeichnis. *Böhmel*

Dieses Buch ist nur durch Kontingent über den zuständigen Kontingentträger zu beziehen.

Dr.-Ing. Wilhelm Artus

Einführung
in die elektrische Nachrichtentechnik

Verlag R. Oldenbourg, München, 1957
486 Seiten, 332 Bilder, Leinen 49,20 DM

Abweichend von der traditionellen frequenzmäßigen Unterteilung und einer dementsprechenden Behandlung des Stoffes führt der Verfasser eine Stoffgliederung durch, die vom prinzipiellen Aufbau eines Nachrichtensystems ausgeht, nämlich: Sender — Übertragungssystem — Empfänger. Die vorliegende Veröffentlichung beschränkt sich auf die ausführliche Behandlung der elementaren Übertragungssysteme. Der Verfasser behandelt die Ausbreitungseigenschaften elektromagnetischer Wellen, wobei er im wesentlichen die klassischen Formen der Leitungstheorie und der Theorie der elektromagnetischen Raumstrahlung entwickelt. Der Autor erörtert ausführlich die Grundlagen dieser Theorie, zeigt aber an einer Vielzahl durchgerechneter Beispiele auch den gegenwärtigen Stand der Technik auf. Diese Beispiele und eine größere Anzahl von Übungsaufgaben, die der Vertiefung des Stoffes und einer Erleichterung des Selbststudiums dienen sollen, zeichnen das Werk besonders aus.
Die Arbeit ist für junge Nachrichteningenieure, Physiker und Techniker gedacht, bei denen allerdings gute physikalische Kenntnisse und mathematische Fertigkeiten vorausgesetzt werden müssen. In methodischer Hinsicht ist das Werk einwandfrei aufgebaut; es ist deutlich zu erkennen, daß der Verfasser sowohl in physikalischer als auch in allgemeiner Hinsicht beim Leser klare Vorstellungen entwickeln möchte.
Um so mehr fällt es ins Gewicht, daß sich der Autor bei der Darstellung von Gleichungen teilweise etwas unklar ausdrückt, was den uneingeweihten Leser eventuell verwirren könnte. So sind z. B. in einigen Fällen an die sonst fast durchweg angewandten allgemeinen Größengleichungen unverständlicherweise noch Maßeinheiten angehängt; andererseits (wie z. B. im Bild 211/1 auf S. 41) entstehen bei der Entwick-

lung einer richtig angesetzten allgemeinen Größengleichung bestimmte Maßeinheiten urplötzlich ohne Erklärungen. Manche fernmeldetechnischen Symbole entsprechen nicht immer der Norm; trotzdem versteht man im allgemeinen, was der Verfasser gemeint hat.
In einer einleitenden Betrachtung stellt der Autor die Fernmeldetechnik der Tonfrequenztechnik gegenüber. Dieser Auffassung kann man sich im allgemeinen nicht anschließen, weil bei einer derartigen Betrachtung eine Zuordnung der Trägerfrequenztechnik, die bekanntlich einen wesentlichen Bestandteil der Fernmeldetechnik ausmacht, nicht möglich ist. Etwas ungewöhnlich erscheint auch die Bezeichnung „Übertragungssystem“ für den freien Raum, bei dessen Betrachtung der Verfasser leider den längst abgeschafften mystischen Begriff „Äther“ wieder zu neuem Leben erweckt. Schließlich sei noch vermerkt, daß bei der Aufteilung des Stoffes konsequent die Dezimaleinteilung angewendet wurde. Diese Einteilung erstreckt sich sogar auf die Bilder und Tafeln, wodurch zwar eine eindeutige Zuordnung der Abbildungen zum Stoff erzielt wird, beim Aufsuchen bestimmter Abbildungen jedoch Schwierigkeiten entstehen, da infolge der angewendeten Dezimaleinteilung eine übersichtliche und durchlaufende Numerierung fehlt. *Dipl.-Ing. W. Goedecke*

Dieses Buch ist nur durch Kontingent über den zuständigen Kontingentträger zu beziehen.

Ernst Nieder

Der Selbstbau von Meßgeräten für die Funkwerkstatt

Franzis-Verlag, München, 1955
Heft 77 der Radio-Praktiker-Bücherei
64 Seiten, 29 Bilder, Preis 1,40 DM

Der Verfasser hat in dem Heftchen vieles zusammengetragen, was beim Selbstbau von Meßgeräten zu beachten ist und sich in den Bauanleitungen spezieller Meßgeräte im allgemeinen nicht findet. Der Leser, der die von Nieder gegebenen Hinweise beachtet, wird manche Fehler vermeiden, die zu Mißerfolgen führen können. Das Bändchen ist deshalb nicht nur für Lehrlinge, die als Gesellenstück ein Meßgerät bauen, und für Bastler lesenswert, sondern es mag auch dem angehenden Konstrukteur von Meßgeräten manche Hinweise geben. In dem Kapitel über „die Eichung von Meßgeräten, die mit HF arbeiten“ werden allerdings zum Teil Vergleichsgeräte verlangt, die den meisten Lesern nicht zugänglich sein werden. Ein guter Ringmodulator ist z. B. schwer zu erhalten.
Hier sei darauf hingewiesen, daß der Selbstbau von Meßgeräten immer eine gewagte Sache ist. Vom Amateur kann im allgemeinen nicht die Genauigkeit der Eichung und ihre Konstanz über längere Zeit erreicht werden, wie sie die Industrie in serienmäßiger Herstellung erzielt. Andererseits vermag der Bastler, dem es nicht auf Zeit ankommt, beim Selbstbau von Meßgeräten reiche praktische Erfahrungen zu sammeln. Für seine Zwecke wird die erreichte Genauigkeit auch meist genügen. Nacheichungen kann er von Zeit zu Zeit selbst durchführen. *Sutaner*

Dieses Buch ist nur durch Kontingent über den zuständigen Kontingentträger zu beziehen.

H. Sutaner

Das Spulenbuch (Hochfrequenzspulen)

Band 80/80a der Radio-Praktiker-Bücherei
Franzis-Verlag, München, 1956
128 Seiten, 78 Bilder und Schaltungen
14 Tabellen, 12 Nomogramme
kart. 2,80 DM

Spulen gehören ebenso wie Kondensatoren, Widerstände und Elektronenröhren zu jedem Gerät der Funksende- und -empfangstechnik. Während aber z. B. Kondensatoren und Widerstände durch zwei Angaben — Kapazität und Prüfspannung bei Kondensatoren bzw. Widerstandswert und maximale Belastbarkeit bei Widerständen — eindeutig definiert sind, genügen solche einfachen Angaben für Spulen nicht. Viele Leseranfragen an die Redaktionen der funktechnischen Zeitschriften beschäftigen sich daher mit den „genauen Spulendaten“. Es genügt nicht, die Induktivität in Millihenry und vielleicht noch den ohmschen Widerstand anzugeben. Es müssen noch Angaben über den verwendeten Kern, die Windungszahlen, die Spulenlänge, den Wicklungsdurchmesser und meistens auch noch über die Spulengüte bekannt sein.
Der Verfasser hat es unternommen, in gedrängter Form das Wichtigste über Spulen auf nur 128 Seiten unterzubringen. Daß ihm das in hervorragender Weise gelungen ist, beweist das drei Seiten umfassende Sachwörterverzeichnis; alle wesentlichen Begriffe, soweit sie Luft- oder Eisenpulverkernspulen betreffen, sind im Verzeichnis aufgeführt und werden auch im Textteil behandelt.
Interessant ist der geschichtliche Rückblick auf die Entwicklung des Hochfrequenzeisens, die bis zum Jahre 1915 zurückreicht. Obwohl auch die Theorie in dem Büchlein zu ihrem Rechte kommt, verzichtet der Verfasser doch auf alles mathematische Beiwerk. Die wenigen Formeln, die verstreut im Text auftauchen, werden dem Leser so mundgerecht gemacht und physikalisch erklärt, daß auch Bastler und Mechanikerlehrlinge keine Schwierigkeiten haben werden, die Zusammenhänge zu verstehen. Mit einem Wort: Die Behandlung des manchmal nicht ganz einfachen Stoffes wird in genialer Weise durchgeführt.
Das Spulenbuch kann allen Schülern und Studierenden technischer Lehranstalten, den Bastlern, aber auch den im Beruf stehenden Rundfunktechnikern wärmstens empfohlen werden. Eine recht ausführliche Literaturübersicht vermittelt darüber hinaus dem interessierten Leser wichtige Literaturstellen, wenn er sich über eine spezielle Frage eingehender orientieren will.
Der Druck, die Illustration und die äußere Aufmachung des Büchleins entsprechen dem von den bisher erschienenen Bändchen der Radio-Praktiker-Bücherei Gewohnten. *Taeger*

Dieses Buch ist nur durch Kontingent über den zuständigen Kontingentträger zu beziehen.

D

D — deflection plate = Ablenkplatte
— Deka . . . = 10^1
— Dienstleitungstaste
— Diode
— Durchgriff (einer Röhre)
— Durchmesser
— elektrische Verschiebung, Verschiebungsdichte, elektrische Erregung

D(-Platz) — Speicherplatz im Sofortdienst, Nacharbeiteplatz

d — Dezi . . . = 10^{-1}
— vollständiges Differential (z. B. dx, dt)
— Durchmesser
— Klirrfaktor (nach IEC)
— pennyweight = britisches Pennygewicht (1 d = 1,555 g)

Δ — Delta (groß) = endliche Änderung (z. B. Δx, Δt)

δ — delta (klein) = Variation, virtuelle Änderung
— partielles Differential (z. B. δx, δt)

DA — Doppelader

DAB — Dauerbetrieb mit aussetzender Belastung

DAL, DaL — Dienstanruflampe

dalm — Dlm = Dekalumen (= dalu)

dalu — = dalm

d. — penny, pence (brit. Münze)

daraf — Maßeinheit für die Elastanz (= Kehrwert der Kapazität C)

DARC — Deutscher Amateur-Radio-Club

DaT — Dienstabfragetaste

DAVC — Delayed Automatic Volume Control = selbsttätige Schwundregelung mit Verzögerung)

DB — Dauerbetrieb

dB, db — Dezibel (Maßeinheit für Dämpfungen oder Verstärkungen)

dba — db above (reference noise) = dB bezogen auf den Pegel — 90 dBm

dbb — detector balanced bias = Entstörungsschaltung gegen Radarstörungen

DBD — Double Base Diode = Diode mit zwei Katoden = Flächentransistor

dbl. — double = doppelt, Doppel-

dBm, dbm — db referred to 1 mW = dB bezogen auf 1 mW

DBP — Deutsche Bundespost

DC — crystal = Kristall, Quarz, Quarzkristall
— diode cathode = Diodenkatode
— direct-current amplifier = Gleichstromverstärker

D.C. — Direct Current = Gleichstrom (= CC)

dc/ac — ac/dc = Allstrom

d.c.c. — double cotton covering = Isolation mit zwei Lagen Baumwolle

DEC — Decca

Decca — Bezeichnung für ein besonderes Funknavigationssystem = DEC

defl. — deflection — Ablenkung, Ausschlag

deg — degree = Grad (z. B. eines Winkels, nicht Wärmegrad)

deg.C — degree Celsius = Grad Celsius

DET — detector = Detektor

dev. — deviation = Abweichung, Änderung, Hub

DF — Durchgangsfernamt

DGW — Gruppenwähler für Dienstverkehr, Dienstgruppenwähler

DH — directly heated = direktgeheizt

DIN, Din — Deutsche Industrienorm

Dina — Direct noise amplifer = geräuschmodulierter Sender für Radarstörzwecke

div — Divergenz

DK — Dezimalklassifikation
— Dielektrizitätskonstante (ε)
DK des Vakuums

$$\varepsilon_0 = 8{,}859 \cdot 10^{-14} \frac{\mathrm{F}}{\mathrm{cm}} = \frac{1}{4\pi \cdot 9 \cdot 10^{11}} \frac{\mathrm{F}}{\mathrm{cm}}$$

— deka = Zehn-, zehnfach

DKB — Dauerbetrieb mit kurzzeitiger Belastung

DL — Dienstleitungslampe

Dl — Dienstleitung

DM — Deutsche Mark
— Dieselhorst-Martin (-Vierer)
— Dynamotor = Umformer (Motorgenerator)

DME — Distance Measuring Equipment = Entfernungsmeßeinrichtung

DMH — decimeter height finder (A) = Radarhöhenmeßgerät

DMT — Dienst- und Mithörleitungstaste

DMW — Dezimeterwelle (müßte eigentlich dmW heißen!)

DNA — Deutscher Normenausschuß

Dodar — Determination of Direction And Range (by supersonic waves) = Ortungsgerät mit Ultraschallwellen

doz. — dozen = Dutzend

DP — diode plate = Diodenanode

DPA — Deutscher Personalausweis
— Deutsche Presse-Agentur

DPO — Distributing Post Office = Verteilungspostamt

DPR — double pure rubber = doppelt mit Gummi überzogen, isoliert

Dpt. — Department = Abteilung

dr. — dram (= Drachme, Schluck); brit. Handelsgewicht = 27,34 grains = 1,77 g

DrL — Drängelampe

DRP — Deutsche Reichspost

DSB — Double Sideband = Zweiseitenband

D.S.I.R. — Department of Scietific and Industrial Research = (britische) wissenschaftliche und industrielle Forschungsstelle

d.s.c. — double silk covering = Isolation mit zwei Lagen Seide

dssc — double-silk single-cotton covered = Isolation mit zwei Lagen Seide und einer Baumwollumspinnung

D.S.T. — Daylight Saving Time = Sommerzeit

DsT — Durchrufstöpsel

DT — Dienstleitungstaste

DTM — Duration (Puls-)Time Modulation = Pulslängenmodulation (deutsch: PLM)

dup. — duplicate = Dublikat, Kopie

d.v. — direct voltage = Gleichspannung

DW — Dienstwähler
— Drahtwiderstand

dwt. — pennyweight (brit. Feingewicht = 24 grains = 1,555 g)

DX — Duplex

DY — deflection yoke = Ablenkspule

Dy — Dysprosium, chemisches Element

dz. — dozen = Dutzend

E

E — earth = Erde
— Elektrische Feldstärke
— EMK = Elektromotorische Kraft = Urspannung
— Empfänger, Empfangsseite, Schalterstellung „Empfangen“
— Entzerrer

e — Basis der natürlichen Logarithmen = 2,718281828459 . . .
— EMK = Elektromotorische Kraft = Urspannung

ε — (epsilon) = Dielektrizitätskonstante (DK)
DK des Vakuums

$$\varepsilon_0 = 8{,}859 \cdot 10^{-14} \frac{\mathrm{F}}{\mathrm{cm}} = \frac{1}{4\pi \cdot 9 \cdot 10^{11}} \frac{\mathrm{F}}{\mathrm{cm}}$$

EA — Endamt

EAM — Einseitenband-(Amplituden)modulation

EAS — Electronic Automatic Switch = automatischer Elektronenschalter

EAST — Eastern Australian Standard Time = Ostaustralische Normalzeit

EAU — Einankerumformer

EBU — European Broadcasting Union = Europäischer Rundfunkverein (frz. UER)

E.C. — Electrical Communication = Elektrisches Nachrichtenwesen (Name einer amerikanischen Fachzeitschrift)

ECG — electrocardiogramm = Elektrokardiogramm (EKG)

ECO — electron-coupled oscillator = elektronengekoppelter Oszillator

ECSA — European Communications Security Agency = Europäisches Amt für Fernmeldesicherheit

ed. — editor = Herausgeber

EDA — British Electrical Development Association = Britische Gesellschaft für elektrotechnische Entwicklungen

EDC — enamel double-cotton covered = mit Baumwolle doppelt umsponnener (Kupferlackdraht)

EDS — enamel double-silk covered = mit Seide doppelt umsponnener (Kupferlackdraht)

E/E — errors excepted = Irrtümer vorbehalten

EEI — Edison Electric Institute = Edison-Institut für Elektrotechnik (USA)

EF — Endfernamt

EFD — Europäischer Fernsprechdienst (Zeitschrift)

eff. — effektiv

EFL — Endfernleitung (neuerdings: Fle)

e.g. — exempli gratia = z. B. (zum Beispiel); vgl. auch f.e., f.i. und p.e.

EGW — Endamtsgruppenwähler

EHF — Extremely High Frequency = Millimeterwellen (30 GHz bis 300 GHz, 10 mm bis 1 mm)

EHP — effective horsepower = effektive Pferdestärke (1 EHP = 746 W)

EHT — Extra-High Tension = Höchstspannung (= THT)

EKG — Elektrokardiogramm

El — Endamtsleitung

Elko — Elektrolytkondensator

EM — Elektromagnet

EMD — Edelmetall-Motor-Drehwähler

E.M.E. — Elektromagnetische Einheit

EMF, emf — elektromotive force = EMK

EMK — Elektromotorische Kraft, Urspannung
— Edelmetall-Motor-Koordinatenwähler

E.M.U. — Electromagnetic Unit = Elektromagnetische Einheit (E.M.E.)

Ends — Endsatz

engg — engineering = Ingenieurwesen

ENIAC — electronic numeral integrator and computor = elektronische Rechenmaschine

EOTS — Electronic Optical Tracking System = elektronisch-optisches Zielverfolgungsverfahren

EP — extended play = Langspielplatte

EQ — Equalizer = Entzerrer

ER — Einzelrahmen

Er — Erbium, chemisches Element
Electrical Research Association = Gesellschaft für Elektroforschung (USA)

Erl — Erlang (Maßeinheit für den Verkehr)

ERMI — Electronic-Radio Manufactoring Industry = Vereinigung der Elektro- und Funkindustrie (USA)

Ers — Ersatz

ES — Einschaltdauer

ESC — Engineering Standards Committee = Ausschuß für Maschinenbaunormen

E.S.E. — Elektrostatische Einheiten

ESi — Einzelsicherung

ESp — Echosperre